



João Manuel Gomes Cardoso Ribeiro

Licenciado em Ciências da Engenharia Mecânica

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Dissertação para obtenção de Grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador: Alberto José Antunes Marques Martinho
Professor Auxiliar

Júri:

Presidente: António Manuel Flores Romão de Azevedo
Gonçalves Coelho

Arguente: António Gabriel Marques Duarte dos Santos
Arguente: Alberto José Antunes Marques Martinho



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro 2015



João Manuel Gomes Cardoso Ribeiro

Licenciado em Ciências da Engenharia Mecânica

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Dissertação para obtenção de Grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador: Alberto José Antunes Marques Martinho
Professor Auxiliar

Júri:

Presidente: António Manuel Flores Romão de Azevedo
Gonçalves Coelho

Arguente: António Gabriel Marques Duarte dos Santos

Arguente: Alberto José Antunes Marques Martinho



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro 2015

CARACTERIZAÇÃO DE TRANSMISSÕES COM CORREIAS

Copyright © 2015 João Manuel Gomes Cardoso Ribeiro

Faculdade Ciência e Tecnologia

Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Alberto José Antunes Marques Martinho pela sua disponibilidade, pelo seu precioso contributo, por todas as sugestões efetuadas e pela oportunidade concedida para aprofundar os meus conhecimentos nesta área.

Quero também agradecer ao meu colega de trabalho João Pedro pelo apoio prestado na pesquisa de fabricantes de correias e obtenção dos respetivos contactos.

Agradeço o à SKF, à Juncor (Representante OPTIBELT) e à Eurocorreias (Revendedor CONTITECH), pelo grande contributo que deram a este trabalho através da disponibilização de informação técnica essencial para o seu desenvolvimento e pela disponibilidade demonstrada para marcação de reuniões de recolha de dados.

Por último, deixo o meu enorme agradecimento a toda a minha família pelo apoio que me foi dado durante a realização deste trabalho, em especial à minha namorada Catarina pela enorme ajuda e motivação dadas ao longo desta etapa.

RESUMO

A importância das transmissões com correias revela-se na sua utilização frequente nas mais diversas aplicações. O baixo custo e a versatilidade de aplicação contribuem decisivamente para o sucesso das transmissões com correias. Considerando a sua importância estudam-se nesta dissertação os métodos de seleção de transmissões com correias, identificando os factores que devem ser considerados na sua caracterização. São analisados os métodos de selecção de correias apresentados por quatro fabricantes identificando-se as principais diferenças e semelhanças entre os métodos utilizados por cada um.

Para cada um dos fabricantes, são apresentados e comparados três casos de estudo correspondentes a transmissões distintas, de modo a compreender o processo de caracterização e de seleção. São também realizados estudos de sensibilidade para perceber o efeito de variações de algumas características das transmissões com correias.

PALAVRAS-CHAVE

Transmissões com Correias

Correias Trapezoidais

Correias em “V”

Fabricantes de Correias

ABSTRACT

The importance of belt transmissions is proved by its frequent use in several sectors. Its low cost as well as its high versatility in terms of applications, decisively contribute to the success of belt transmissions. Considering its importance, this project aims to develop the subject of the selection methods of belt transmissions by identifying the factors that should be considered to characterize a transmission. With this purpose, four belt producers are analyzed by identifying its methodologies in order to ascertain the main differences and parallels.

For each of the producers, three case studies are presented and compared, correspondent to distinct transmissions, so as to understand the characterization and selection process. Studies of sensitivity are also performed, with the purpose of comprehending the effect of variations of relevant factors, in belt transmissions.

KEYWORDS

Belt transmissions

V - Belts

Belt producers

ÍNDICE DE MATÉRIAS

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
PALAVRAS-CHAVE	v
ABSTRACT	vii
KEYWORDS	vii
ÍNDICE DE MATÉRIAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABELAS	xix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xxi
SIMBOLOGIA E ACRÓNIMOS	xxiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivação e Objetivos	1
1.2. Organização e Estrutura	2
2. ESTADO DA ARTE	3
2.1. Tipos de transmissões com correias	3
2.2. Composição e Principais tipos de correias	3
2.3. Conceitos essenciais de uma transmissão com correias	4
2.4. Funcionamento das transmissões com correias	5
2.5. Fatores relevantes para a Caraterização de Transmissões com Correias	6
2.6. Legislação aplicável	8
3. FABRICANTES CONSIDERADOS NO ESTUDO	9
3.1. SKF [6]	9
3.2. OPTIBELT [7]	18
3.3. CONTITECH [8]	26
3.4. GATES [9]	32
4. ANÁLISE DOS MÉTODOS DE SELEÇÃO DE TRANSMISSÕES COM CORREIAS	43
4.1. Condições de Serviço	43
4.2. Método de seleção	43

4.2.1.	Fases do Método de seleção para a Caracterização da Correia por fabricante	44
4.2.2.	Análise comparativa do cálculo dos fatores relevantes para o método de seleção da transmissão com correias entre fabricantes	46
5.	CASOS DE ESTUDO	53
5.1.	Caso de Estudo 1	53
5.1.1.	SKF	53
5.1.2.	OPTIBELT	57
5.1.3.	CONTITECH	61
5.1.4.	GATES	64
5.2.	Caso de Estudo 2	68
5.2.1.	SKF	68
5.2.2.	OPTIBELT	71
5.2.3.	CONTITECH	75
5.2.4.	GATES	78
5.3.	Caso de Estudo 3	81
5.3.1.	SKF	81
5.3.2.	OPTIBELT	85
5.3.3.	CONTITECH	88
5.3.4.	GATES	91
6.	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE OS VÁRIOS FABRICANTES	97
6.1.	Comparação dos Vários Resultados Obtidos	99
7.	ESTUDO DE SENSIBILIDADE	101
7.1.	Alteração do diâmetro das Polias	101
7.2.	Alteração da Secção Transversal da Correia	105
7.3.	Análise de zonas fronteira	110
8.	CONCLUSÕES E FUTURO TRABALHO	115
8.1.	Comparação das metodologias de cada um dos fabricantes	115
8.2.	Comparação dos Casos de Estudo	116
8.3.	Comparação dos Estudos de Sensibilidade	116

8.4.	Divulgação da legislação aplicável	117
8.5.	Futuros Trabalhos	117
9.	REFERÊNCIAS	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Composição de correias	4
Figura 2 - Representação das condições gerais para uma transmissão com correias	4
Figura 3 - Transmissão com várias polias	5
Figura 4 - Transmissão com rolo tensionador	5
Figura 5 - Representação das tolerâncias mínimas para instalação e fixação da correia.....	5
Figura 6 –Tipos de arranque [6]	9
Figura 7 – Fator de Serviço [6].....	10
Figura 8 - Fator de correção para relações de transmissão [6]	10
Figura 9 - Diagrama das secções para correias em V [6].....	11
Figura 10 - Diagrama das secções para correias em cunha [6]	11
Figura 11 - Diagrama das secções para correias em cunha estreita [6]	11
Figura 12 - Tabela (parcial) de diâmetros, distância entre centros e comprimento standard da correia [6].....	12
Figura 13 - Diâmetros standard para as polias para correias em V [6]	13
Figura 14 - Diâmetros standard para as polias para correias em V (Continuação) [6]	13
Figura 15 - Diâmetros standard para as polias para correias em cunha estreita [6].....	13
Figura 16 - Diâmetros standard para as polias para correias em cunha estreita (Continuação) [6]	13
Figura 17 - Diâmetros standard das polias para diferentes relações de transmissão em correias em V [6].....	14
Figura 18 - Diâmetros standard das polias para diferentes relações de transmissão em correias em V (continuação) [6]	14
Figura 19 - Diâmetros standard das polias para diferentes relações de transmissão em correias em cunha estreita [6]	15
Figura 20 - Diâmetros standard das polias para diferentes relações de transmissão em correias em cunha estreita (Continuação) [6]	15
Figura 21 - Tabela (parcial) dos comprimentos standard e referências [6]	16
Figura 22 – Tabela (parcial) de potências básicas [6].....	16

Figura 23 Valores para o fator de correção do comprimento da correia (C_1) (a) e fator de correção para o arco de contacto (C_3) (b) [6]	17
Figura 24 – Tolerâncias para Instalação (MIA) e Tensionamento (MTA) [6]	18
Figura 25 - Padrões para seleção do fator de serviço (C_2) [7]	19
Figura 26 - Diagrama para correias em V clássicas Optibelt VB DIN 2215 [7]	19
Figura 27 - Diagrama para correias em Cunha Optibelt SK e Alta Performance DIN 7753 [7]	20
Figura 28 - Diagrama para correias em Cunha Optibelt SK de alta performance segundo as normas USA RMA/MPTA [7]	20
Figura 29 - Diagrama para correias em Cunha Optibelt SUPER X-POWER M=S [7]	20
Figura 30 - Diagrama para correias em V Optibelt SUPER TX M=S [7]	21
Figura 31 - Diâmetros standard disponíveis [7]	22
Figura 32 - Tabela (parcial) dos comprimentos standard e respetiva referência da correia [7]	23
Figura 33 - Valores das Tolerâncias de Instalação (y) e Tensionamento (x) da correia [7]	24
Figura 34 - Valores das Tolerâncias de Instalação (y) e Tensionamento (x) da correia [7]	24
Figura 35 - Valores das Tolerâncias de Instalação (y) e Tensionamento (x) da correia [7]	24
Figura 36 – Tabela dos fatores de correção para o arco de contacto [7]	25
Figura 37 – Tabela (parcial) dos fatores de correção do comprimento da correia [7]	25
Figura 38 - Tabela (parcial) da potência nominal e do fator adicional de potência [7]	26
Figura 39 - Padrões para seleção do fator de serviço [8]	27
Figura 40 – Diagrama para correias CONTI FO-Z	28
Figura 41 – Diagrama para correias CONTI FO-Z	28
Figura 42 – Diagrama para correias CONTI ULTRAFLEX	28
Figura 43 – Diagrama para correias CONTI MULTIFLEX	29
Figura 44 – Diagrama para correias CONTI MULTIFLEX	29
Figura 45 - Tabela (parcial) de comprimentos standard para a secção 5 [8]	30
Figura 46 - Tabela (parcial) para o fator h correspondente à secção 8 [8]	30
Figura 47 - Fator de correção do arco de contacto [8]	31
Figura 48 - Tabela dos fatores de correção do comprimento da correia (C_3) para uma determinada secção [8]	31
Figura 49 - Tabela (parcial) para a potência da correia de uma determinação secção [8]	32

Figura 50 - Fatores de serviço [9].....	33
Figura 51 – Diagrama para secções transversais de Correias em V [9]	34
Figura 52 – Diagrama para secções transversais de Correias em V [9]	34
Figura 53 – Diagrama para secções transversais de Correias em V Micro [9].....	34
Figura 54 – Diagrama para secções transversais de Correias Polyflex JB [9]	35
Figura 55 - Diâmetros Standards para Polias [9]	35
Figura 56 - Diâmetros Standards para Polias (Continuação) [9].....	36
Figura 57 – Relações de transmissão para vários conjuntos de polias [9]	36
Figura 58 – Relações de transmissão para vários conjuntos de polias (Continuação) [9]	37
Figura 59 - Tabela (parcial) de comprimentos standard e respetivas referências para a secção C [9].....	38
Figura 60 - Valores do fator h [9].....	38
Figura 61 – Método alternativo para a seleção do comprimento da correia e da distância entre centros.....	39
Figura 62 - Tabela (parcial) da potência básica para uma determinada secção [9]	40
Figura 63 - Tabela (parcial) da potência adicional para a relação da transmissão para uma determinada secção [9].....	40
Figura 64 - Tabela (parcial) do fator de correção do comprimento da correia para uma determinada secção [9]	41
Figura 65 - Fator de correção para o arco de contacto ($G=C3$).....	41
Figura 66 - Tolerância para Correias em V [9].....	41
Figura 67 - Tolerâncias para Correias em V Micro [9].....	42
Figura 68 - Tolerâncias para Correias Polyflex JB [9]	42
Figura 69 - Fluxograma com as diversas fases de seleção de correias por fabricante	44
Figura 70 - Tabela (parcial) para comprimentos standard para a secção do Tipo C [6]	55
Figura 71 - Tabela (parcial) para a potência básica e potência adicional para uma secção do Tipo C [6].....	56
Figura 72 – Tabela (parcial) dos comprimentos standard para correias do tipo SPB	59
Figura 73 - Recorte da secção transversal SPB	59

Figura 74 – Tabela (parcial) para os fatores de correção do comprimento da correia para a secção do tipo SPB [7].....	60
Figura 75 - Tabela (parcial) para a potência nominal e potência adicional para secções do tipo SPB [7].....	61
Figura 76 - Tabela (parcial) para o comprimento standard para uma secção do tipo SPB [8] ...	62
Figura 77 - Altura da correia CONTI ULTRAFLEX [8].....	63
Figura 78 –Tabela do fator de correção do comprimento da correia [8]	63
Figura 79 – Tabela (parcial) para a potência da correia [8]	64
Figura 80 – Tabela (parcial) para os comprimentos Standard para secções do tipo C [9].....	66
Figura 81 - Tabela da potência básica para a secção do tipo C [9]	67
Figura 82 - Tabela da potência adicional da relação da transmissão para a secção do tipo C [9]67	
Figura 83 - Tabela (parcial) do fator de correção para o comprimento da correia para a secção do tipo C [9].....	67
Figura 84 - Tabela (parcial) de comprimentos standard para a secção do tipo XPA [6]	70
Figura 85 - Tabela (parcial) da potência básica e potência adicional para a secção do tipo XPA [6].....	70
Figura 86 – Tabela (parcial) dos comprimentos standard para a secção do tipo SPA [7]	73
Figura 87 - Secção transversal do tipo SPA	73
Figura 88 - Tabela (parcial) do fator de correção do comprimento da correia para a secção do tipo SPA [7]	74
Figura 89 - Tabela (parcial) da potência básica e o fator adicional para a secção do tipo SPA [7]	74
Figura 90 – Tabela dos Comprimentos Standard para a secção do tipo XPB [8].....	76
Figura 91 – Tabela de alturas das correias CONTI FO-Z.....	76
Figura 92 - Fator de correção do comprimento da correia.....	77
Figura 93 – Tabela (parcial) para a potência da correia para a secção do tipo XPB [8].....	77
Figura 94 - Tabela (parcial) para comprimentos standard para a secção do tipo XPA [8]	79
Figura 95 - Tabela (parcial) de potências básicas para secções do tipo XPA [8]	80
Figura 96 - Tabela (parcial) do fator adicional dependente da relação da transmissão [8]	80
Figura 97 - Tabela (parcial) do fator de correção do comprimento da correia para secções do tipo XPA [8].....	81

Figura 98 - Tabela (parcial) dos diâmetros das polias, distância entre centros e comprimentos standard para secções SPA [6]	82
Figura 99 - Tabela (parcial) do comprimento standard para secções do tipo SPA [6]	83
Figura 100 - Tabela (parcial para a potência básica e para o fator adicional para a secção SPA [6].....	84
Figura 101 – Tabela (parcial) dos comprimentos Standard para a secção BX/X17	86
Figura 102 - Secção B/17	87
Figura 103 - Tabela (parcial) do fator de correção do comprimento da correia [7]	88
Figura 104 - Valores necessários para o cálculo da Potência Básica [7]	88
Figura 105 – Tabela (parcial) dos comprimentos standard para secções do tipo 13/A [8]	89
Figura 106 – Tabela das alturas das secções das correias CONTIMULTIFLEX [8]	90
Figura 107 – Tabela dos fatores de correção do comprimento da correia [8]	91
Figura 108 – Tabela (parcial) para a potência da correia para a secção 13/A [8]	91
Figura 109 – Tabela (parcial) de comprimentos standard para secções do tipo XPA [9].....	93
Figura 110 – Tabela das potências básicas para secções do tipo XPA [9]	94
Figura 111 – Tabela do fator adicional dependente da relação da transmissão para secções do tipo XPA [9].....	94
Figura 112 - Tabela (parcial) para o fator de correção do comprimento da correia [9].....	94

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores relevantes para transmissões com correias [1]	6
Tabela 2 - Condições de Serviço para o Caso de Estudo 1	53
Tabela 3 - Condições de Serviço para o Caso de Estudo 2	68
Tabela 4 - Condições de Serviço para o Caso de Estudo 3	81
Tabela 5 - Resultados obtidos para cada caso de estudo	98
Tabela 6 - Variação do Diâmetro das Polias para alguns dos fabricantes em estudo	102
Tabela 7 - Variação do Diâmetro das Polias (GATES)	103
Tabela 8 - Alturas e Larguras para as secções estudadas	105
Tabela 9 - Variação da Secção Transversal da Correia para alguns dos fabricantes em estudo	107
Tabela 10 - Variação da Secção Transversal da Correia (GATES)	108
Tabela 11 - - Zonas de fronteira para os fabricantes, SKF e OPTIBELT	112
Tabela 12 - Análise de algumas zonas de fronteira para os fabricantes, CONTITECH e GATES	113

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação da Potência e do Número de correias consoante o diâmetro da polia menor (SKF)	103
Gráfico 2 - Variação da Potência e do Número de correias consoante o diâmetro da polia menor (OPTIBELT)	104
Gráfico 3 - Variação da Potência e do Número de correias consoante o diâmetro da polia menor (CONTITECH)	104
Gráfico 4 - Variação da Potência e do Número de correias consoante o diâmetro da polia menor (GATES).....	104
Gráfico 5 - Variação da Potência e do Número de correias consoante a secção transversal da correia (SKF)	108
Gráfico 6 - Variação da Potência e do Número de correias consoante a secção transversal da correia (OPTIBELT)	109
Gráfico 7 - Variação da Potência e do Número de correias consoante a secção transversal da correia (CONTITECH)	109
Gráfico 8 - Variação da Potência e do Número de correias consoante a secção transversal da correia (GATES)	109

SIMBOLOGIA E ACRÓNIMOS

a	Distância entre centros preliminar (OPTIBELT) [mm]
a	Distância entre Centros (GATES) [mm]
a_{est}	Distância entre Centros Preliminar (CONTITECH) [mm]
a_{nom}	Distância entre centros (OPTIBELT) [mm]
C_1	Fator de Correção do Arco de Contacto (OPTIBELT, CONTITECH)
C_1	Fator de Correção do Comprimento da Correia (SKF)
C_2	Fator de Serviço (SKF, OPTIBELT, CONTITECH, GATES)
C_{2er}	Confirmação do Fator de Serviço (CONTITECH) [mm]
C_3	Fator de Correção do Arco de Contacto (SKF)
C_3	Fator de Correção do Comprimento da Correia (OPTIBELT, CONTITECH)
C_L	Fator de Correção do Comprimento da Correia (GATES)
CC	Distância entre Centros (SKF) [mm]
CC_p	Distância entre centros preliminar (SKF) [mm]
D	Diâmetro da Polia Maior (SKF, GATES) [mm]
d	Diâmetro da Polia Menor (SKF, GATES) [mm]
d_{d1}, d_{dk}	Diâmetro da Polia Menor (OPTIBELT) [mm]
d_{d2}, d_{dg}	Diâmetro da Polia Maior (OPTIBELT) [mm]
d_{wg}	Diâmetro da Polia Maior (CONTITECH) [mm]
d_{wk}	Diâmetro da Polia Menor (CONTITECH) [mm]
f_b	Taxa de Flexão (OPTIBELT, CONTITECH) [s ⁻¹]
G	Fator de Correção do Arco de Contacto (GATES)
h	Altura da Secção (CONTITECH) [mm]
i	Relação da Transmissão (OPTIBELT, CONTITECH, GATES)
I_r	Relação da Transmissão (SKF)
i_{vorth}	Relação da Transmissão Provisória (OPTIBELT)
k	Número de Polias (CONTITECH) [mm]
L	Comprimento <i>Standard</i> da Correia (GATES) [mm]
L_{dth}	Comprimento Teórico da Correia (OPTIBELT) [mm]
L_{dst}	Comprimento <i>Standard</i> da Correia (OPTIBELT) [mm]
L_d	Comprimento Teórico da Correia (SKF) [mm]
L_{st}	Comprimento <i>Standard</i> da Correia (SKF) [mm]
MIA	Tolerância de Instalação (SKF, GATES) [mm]
MTA	Tolerância de Tensionamento (SKF, GATES) [mm]

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

N	Número de Correias (SKF)
n_1	Velocidade Angular da Polia Menor (OPTIBELT, CONTITECH) [RPM]
n_2	Velocidade Angular da Polia Maior (OPTIBELT, CONTITECH) [RPM]
n_{2vorth}	Velocidade Angular da Polia Maior Provisória (OPTIBELT) [RPM]
P	Potência do Motor (OPTIBELT, GATES) [kW]
P_b	Potência de Projeto (OPTIBELT) [kW]
P_b	Potência Básica (SKF) [kW]
P_d	Potência de Projeto (SKF, GATES) [kW]
P_N	Potência Nominal (OPTIBELT) [kW]
P_r	Potência do Motor (SKF) [kW]
P_r	Potência da Correia [kW] (SKF)
TCD	Distância entre Centros Preliminar (GATES) [mm]
TBL	Comprimento Teórico da Correia (GATES) [mm]
v	Velocidade da correia (OPTIBELT, CONTITECH, GATES) [m/s]
x	Tolerância de Tensionamento (OPTIBELT, CONTITECH) [mm]
y	Tolerância de Instalação (OPTIBELT, CONTITECH) [mm]
z	Número de Correias (OPTIBELT, CONTITECH, GATES)
β	Arco de Contacto da Polia Menor (CONTITECH) [°]

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação e Objetivos

A motivação principal para a realização deste trabalho teve a sua origem no facto de o autor ter um grande entusiasmo pelo restauro automóvel, verificando-se quase sempre nesta actividade a necessidade de substituir as correias das transmissões. Adicionalmente, observou-se que a literatura relativa à comparação dos métodos de selecção de correias merecia ser desenvolvida identificando-se assim uma oportunidade de trabalho. O autor acredita que a contribuição deste trabalho para a literatura sobre correias poderá ser significativa.

Para o desenvolvimento deste trabalho contactaram-se vários fabricantes de correias com o intuito de recolher catálogos e outros elementos relativos à caracterização de transmissões com correias, permitindo a construção de uma base diversificada de pesquisa. Os conhecimentos obtidos nos primeiros contactos facilitaram a continuidade da recolha da informação e a análise da mesma.

Os principais objetivos desta dissertação são os seguintes:

- a) Apresentar os métodos de seleção de transmissões com correias trapezoidais (em V) propostos pelos fabricantes considerados no estudo. A escolha das correias em V para este estudo prende-se com o facto de estas serem as mais tradicionais.
- b) Identificar as condições de funcionamento que cada um dos fabricantes considera na caracterização da transmissão, ou seja, o que cada fabricante considera relevante no seu método de escolha das características da transmissão.
- c) Avaliar as várias metodologias utilizadas e averiguar os problemas que decorrem da aplicação das mesmas nas transmissões com correias. Com este objetivo foram seleccionados três tipos de transmissão e verificou-se qual a secção de correia que cada um dos fabricantes aconselha e considera ser a mais apropriada.
- d) Efetuar simulações para compreender os efeitos, numa determinada transmissão, da variação dos diâmetros das polias e da secção transversal da correia.
- e) Compreender qual a secção transversal mais conveniente nos casos em que existe a possibilidade de optar por dois tipos de secção.

1.2. Organização e Estrutura

Este trabalho encontra-se dividido em 9 capítulos.

No primeiro capítulo são apresentadas as motivações para a realização deste trabalho e os principais objetivos a que se propõe.

No capítulo 2 é apresentado o estado da arte, onde será feita uma breve introdução ao tipo de transmissões existentes, tendo como foco as transmissões flexíveis, onde se incluem as transmissões com correias. Serão apresentados os conceitos essenciais de uma transmissão, bem como a composição das correias e os fatores relevantes para a caracterização de uma transmissão. Por último são introduzidas as normas subjacentes às transmissões com correias.

No capítulo 3 é analisado o método de seleção de cada um dos fabricantes analisados como base de estudo para o desenvolvimento deste trabalho. A análise será desenvolvida com base nos catálogos disponibilizados pelos fabricantes referidos.

No capítulo 4 são estudadas as principais diferenças e semelhanças entre os métodos analisados no capítulo anterior.

No capítulo 5 são estudados casos de estudo específicos, sendo apresentadas 3 tipos de transmissões com correias bem como os resultados obtidos para cada um dos fabricantes.

No capítulo 6 comparam-se os valores obtidos nos casos de estudo.

No capítulo 7 são realizadas análises de sensibilidade aos métodos dos fabricantes para identificar o efeito da variação do diâmetro das polias e da secção transversal da correia, no número e na potência das correias. Adicionalmente são estudadas as zonas de fronteira dos diagramas de secções, nas quais é possível optar por duas secções transversais diferentes.

No capítulo 8 são apresentadas as conclusões deste trabalho.

No capítulo 9 são enumeradas as referências usadas neste trabalho.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Tipos de transmissões com correias

As transmissões mecânicas podem-se classificar em flexíveis ou rígidas.

As transmissões flexíveis podem ser efetuadas com correias, cabos, correntes ou outros elementos mecânicos flexíveis ou elásticos. No caso das transmissões rígidas estas podem ser efetuadas com engrenagens ou veios.

Tendo presente que o foco deste trabalho se centra no estudo das correias em V, é importante conhecer as principais vantagens e desvantagens dos tipos de transmissões flexíveis. Uma das principais vantagens é a sua construção relativamente simples, que permite reduzir o custo da transmissão. Adicionalmente, como se tratam de elementos elásticos, têm uma maior absorção aos choques e maior capacidade de amortecimento de vibrações o que prolonga o tempo de vida das máquinas onde serão utilizadas. Outra vantagem diz respeito ao facto de poderem ser usadas para longas distâncias entre eixos

No que respeita às desvantagens, para garantir o tempo de vida das transmissões flexíveis, é extremamente importante controlar sempre o elemento elástico de forma a garantir o bom funcionamento. Para além disso, são quase sempre fornecidas em comprimentos padronizados e o alinhamento das polias pode apresentar dificuldades, prejudicando o correto funcionamento da correia.

2.2. Composição e Principais tipos de correias

Atualmente as correias são fabricadas com materiais compósitos constituídos por uma mistura de polímeros (borracha), os quais contêm no seu interior cabos de matérias vegetais (algodão ou cânhamo) ou matérias metálicas (arames ou cabos de aço). (Figura 1) [5].

Os elementos que asseguram a resistência à carga são os cordões existentes no interior da correia, os quais são inseridos dentro de uma matriz de borracha que reduz a flexibilidade e aumenta o atrito. Existe ainda um componente comprimido, na parte superior da correia, que permite a flexão e compressão da correia durante o seu percurso. Por último, existe o envelope em redor da correia, composto por um tecido impregnado em borracha o qual apresenta uma elevada resistência à abrasão, protegendo desta forma todos os componentes no interior da correia.

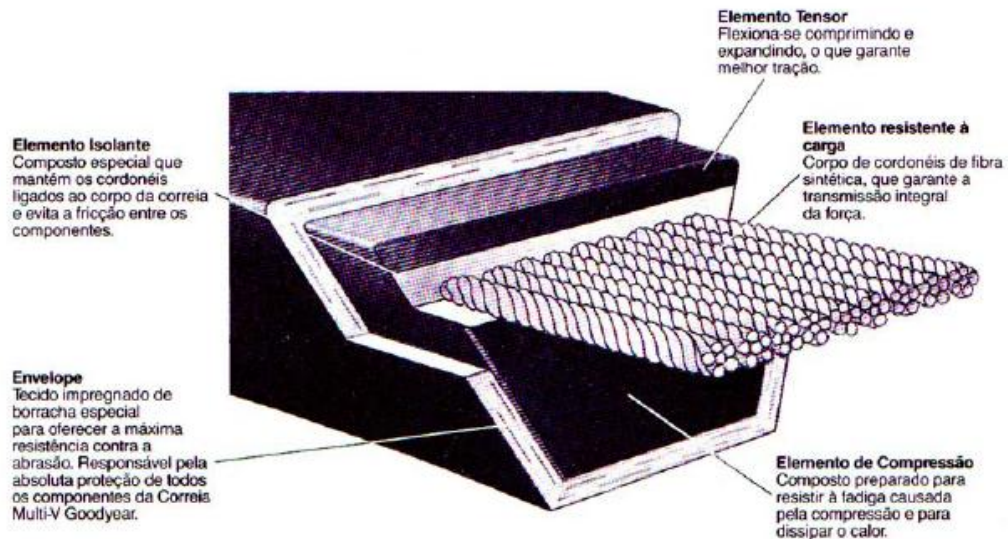


Figura 1 - Composição de correias

Embora o âmbito deste trabalho se foque no estudo das correias em V ou Cunha, existem outros tipos de correias, tais como as correias Planas, Circulares ou Dentadas

2.3. Conceitos essenciais de uma transmissão com correias

Em termos de definição, existe um conjunto de conceitos essenciais para compreender as transmissões com correias, nomeadamente o Diâmetro da Polia Menor, o Diâmetro da Polia Maior e a Distância entre Centros, cuja representação se demonstra na Figura 2.

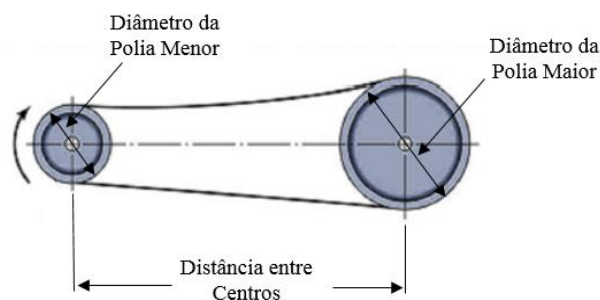


Figura 2 - Representação das condições gerais para uma transmissão com correias

Existem também transmissões que podem incluir mais que duas polias, usadas quando existem várias árvores em paralelo para as quais é preciso transmitir movimento (Figura 3). Há ainda casos em que as transmissões têm uma relação da transmissão muito elevada, pelo que é necessário aumentar o ângulo do arco de contacto da polia menor, utilizando um rolo tensionador ou um esticador (Figura 4)

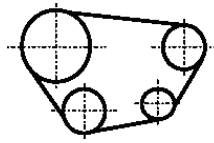


Figura 3 - Transmissão com várias polias

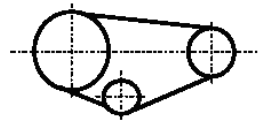


Figura 4 - Transmissão com rolo tensionador

É de salientar que tanto a polia menor como a polia maior podem ter velocidades de rotação diferentes. Outra variável fundamental diz respeito ao comprimento da correia que corresponde ao perímetro da mesma.

Um conceito essencial é também o da relação da transmissão, a qual é calculada dividindo a velocidade angular da polia de menor diâmetro pela velocidade angular da polia de maior diâmetro, ou pela divisão do diâmetro maior pelo mais pequeno.

$$\text{Relação da Transmissão } (i) = \frac{\text{RPM Polia mais rápida}}{\text{RPM Polia mais lenta}} = \frac{\text{Diâmetro da polia maior}}{\text{Diâmetro da polia de menor}} (1)$$

A Figura 5 [9], demonstra duas variáveis igualmente relevantes, nomeadamente as tolerâncias de instalação e de fixação/tensionamento ou, por outras palavras, folgas na distância entre centros.

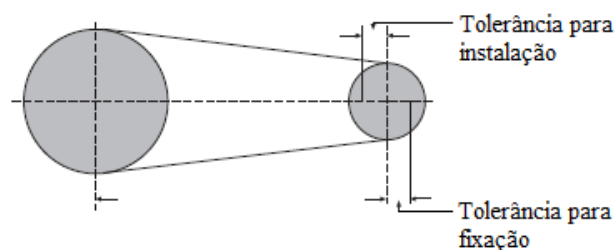


Figura 5 - Representação das tolerâncias mínimas para instalação e fixação da correia

2.4. Funcionamento das transmissões com correias

No que respeita ao funcionamento das transmissões com correias, a maioria baseia-se no atrito, o qual resulta da compressão entre a correia e a polia. No entanto, existem exceções como é o caso das correias dentadas que funcionam por arrasto tal como acontece no caso das correntes.

Quando o funcionamento das transmissões se baseia em atrito é necessário que exista uma pressão entre a correia e a polia e é esta pressão a responsável pelo movimento. Para isso é essencial que as correias sejam montadas com uma determinada força de tração inicial. Por sua vez, esta força não pode ser inferior nem superior a um determinado valor, o qual é calculado através de métodos próprios para cada fabricante.

Caso essa força seja inferior à necessária, originar-se-á um fenómeno denominado por escorregamento (exceto para as correias dentadas), que consiste na presença de uma tensão inicial insuficiente que impossibilita a existência de atrito entre a polia e a correia. É importante evitar o fenómeno do escorregamento uma vez que prejudica o funcionamento e o tempo de vida útil da própria correia. Caso o valor dessa força seja superior à necessária, o tempo de vida útil da correia também será substancialmente diminuído, isto porque a correia estará sobre demasiada tensão, sofrendo um esforço maior.

2.5. Fatores relevantes para a Caracterização de Transmissões com Correias

No que respeita ao método de caracterização de transmissões com correias é importante ter em conta um conjunto de condições em que a transmissão vai ser utilizada. Esta caracterização é relativamente complexa e depende das características das correias utilizadas por cada fabricante.

Na Tabela 1 [1] apresentam-se alguns dos fatores com mais influência na caracterização das transmissões e que normalmente são considerados pelos fabricantes de correias

Tabela 1 - Fatores relevantes para transmissões com correias [1]

Fator	Justificação
Condições de serviço	Tipos de máquina motora e movida; Tipo de serviço: contínuo ou intermitente; fração de funcionamento diário, etc.; Condições ambientais.
Tipo de correia e características mecânicas	O tipo de correia condiciona o atrito nas polias e as relações entre a força do lado tenso e a do lado frouxo da correia. As características mecânicas condicionam o fator de atrito e a força de tração admissível e consequentemente a capacidade de transmissão.
Velocidade da correia	Para que seja transmitida potência entre as árvores motora e a movida é necessário existir movimento, verificando-se para pequenas velocidades que a potência aumenta quase linearmente com a velocidade. No entanto, para grandes velocidades as forças centrífugas tendem a ser dominantes. Nestas condições a correia tende a afastar-se da polia com a consequente diminuição do atrito e da capacidade de transmissão da correia. Este fator determina limites máximos para a velocidade de funcionamento destas transmissões.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Ângulo de abraçamento da polia de menor diâmetro	O ângulo de abraçamento condiciona a relação entre as forças do lado tenso e do lado frouxo da correia e desta forma, a capacidade da transmissão de potência. A menores ângulos corresponde menor capacidade da transmissão. Quando o efeito da força gravítica sobre a correia tende a tornar o arranjo das polias e da correia assimétrico é preferível que o lado frouxo da correia fique do lado de cima. Desta forma, aumenta-se ligeiramente o ângulo de abraçamento e consequentemente a capacidade de transmissão.
Diâmetro da polia de menor diâmetro	A deformação na correia a cada ciclo de funcionamento depende deste diâmetro. Menor diâmetro corresponde a maior deformação e consequentemente menor vida útil e/ou capacidade de transmissão.
Perímetro da correia	Condiciona o número de ciclos a que a correia é sujeita em certo período de tempo. Assim, correias maiores são sujeitas a menos ciclos de deformação apresentando maior vida útil e/ou capacidade de transmissão.
Número de correias utilizadas (Comum em correias trapezoidais)	A utilização de várias correias aumenta a capacidade de transmissão do conjunto relativamente à utilização de uma única correia. No entanto, a capacidade de transmissão de cada correia diminui com o aumento do número de correias. Esta particularidade resulta das incertezas nas dimensões das correias e das polias.

Tal como referido anteriormente, o tipo de correia a utilizar para uma determinada transmissão varia em função do fabricante. Assim sendo, existem vários métodos para caracterizar as transmissões com correias mas é possível identificar os procedimentos que a generalidade dos fabricantes segue [1]:

- a) Identificação das características gerais pretendidas para a transmissão de modo a escolher o tipo de correia a utilizar, ou seja, o tipo de equipamentos onde se pretende utilizar a transmissão e especificações como: a distância entre eixos, o rendimento pretendido e o custo, permitem em muitos casos escolher inicialmente o tipo de correia;
- b) Avaliação da potência com que se pretende transmitir entre árvores motora e movida e das condições de serviço, de modo a determinar a potência de cálculo ou de serviço. Existem tabelas apresentadas pelos fabricantes que divulgam os fatores que devem ser utilizados para o cálculo da potência de serviço em função das condições de funcionamento;
- c) Ponderação sobre as características fundamentais da secção da correia e da velocidade de rotação da polia de menor diâmetro, de modo a escolher o diâmetro da polia. Para pequenos valores de velocidade a potência que certa correia pode transmitir aumenta com o diâmetro da polia. No entanto, ao aumento do diâmetro da polia corresponde uma maior velocidade da correia, provocando um aumento das forças centrífugas. O aumento destas

forças faz diminuir a força de contacto entre a correia e a polia com a consequente diminuição do atrito entre estes elementos;

- d) Determinação do diâmetro da polia maior, tendo em conta o diâmetro da polia menor e o valor da relação de transmissão pretendido;
- e) Cálculo do perímetro da correia a partir dos diâmetros das polias e da distância entre os respetivos eixos.

2.6. Legislação aplicável

No âmbito da legislação aplicável às transmissões com correias, a pesquisa desenvolvida durante este trabalho, permitiu ter conhecimento das normas existentes para os métodos de seleção de transmissões com correias em V. Existe um conjunto alargado de normas mencionadas pelos fabricantes de correias, no entanto apresentam-se de seguida as mais relevantes e recorrentes:

- ISO 1081 – “*V-belts and V-ribbed belts, and corresponding grooved pulleys – Vocabulary*”;
- ISO 4184 – “*Belt drives – Classical and narrow V-belts – Lengths in datum system*”;
- ISO 4183 – “*Belt drives – Classical and narrow V-belts – Grooved Pulleys (system based on datum width)*”;
- ISO 5292 – “*Belt drive – V-belts and V-ribbed belts – Calculation of power ratings*”;

A ISO 1081 especifica os termos e as definições relativas a transmissões com correias em V, correias hexagonais, correias em V acopladas, polias para correias em V, correias em V dentadas, polias para correias em V dentadas e os correspondentes símbolos. A ISO 4184 indica para as correias em V com secções do tipo Y; Z; A; B; C; D; E; SPZ; SPA; SPB e SPC, o comprimento *standard* recomendado bem como as condições para o determinar e as tolerâncias associadas ao mesmo. A ISO 4183 refere-se às principais dimensões para as polias das correias em V. A ISO 5292 introduz as fórmulas gerais aceitáveis para a determinação dos valores de potência e também dos fatores de correção usados nos projetos de correias em V para transmissões com duas polias

Salienta-se que a obtenção destas normas é de difícil acesso, já que não estão disponíveis publicamente, implicando a realização de pagamentos avultados para que possam ser consultadas. Este facto constituiu uma limitação ao desenvolvimento deste trabalho no que se refere ao tema da legislação subjacente às transmissões com correias. Ainda assim, é possível identificar que em todos os catálogos analisados de fabricantes de correias é mencionado um conjunto extenso de normas, pelo que se pressupõe que os métodos de seleção dos fabricantes se encontram em concordância com o disposto nas normas. Numa fase mais avançada deste trabalho serão apresentadas algumas conclusões tendo em conta os resultados obtidos e os conteúdos das normas, tendo presente a limitação relativa ao seu acesso.

3. FABRICANTES CONSIDERADOS NO ESTUDO

Tal como mencionado anteriormente, existem vários fatores que afetam o funcionamento das transmissões com correias. No entanto, os fabricantes tendem a utilizar métodos para a caracterização das transmissões com correias nos quais nem sempre são evidentes os fatores considerados.

As diferenças entre os métodos adotados, serão descritas e analisadas mais à frente neste trabalho

Para o desenvolvimento deste trabalho foram contactados vários fabricantes e fornecedores/representantes de correias, de forma a obter informação técnica sobre o tema em análise. Deste modo, foram selecionados 4 fabricantes de correias cujos métodos foram objeto de estudo: SKF, OPTIBELT, CONTITECH e GATES. A escolha destes fabricantes deveu-se ao facto de terem sido os únicos, de entre os contactados, que se disponibilizaram a providenciar a informação necessária para desenvolver este estudo, nomeadamente através da disponibilização dos respetivos catálogos. A partir da informação recolhida desenvolveram-se análises dos métodos utilizados por cada um e análises comparativas de modo a que se extraíssem conclusões.

3.1. SKF [6]

De acordo com a SKF a primeira etapa corresponde à identificação das condições de serviço. Através do catálogo da SKF, conclui-se que as principais condições são: Tipo de máquina; tempo de funcionamento diário; potência da transmissão; velocidade angular das duas polias; limite máximo de diâmetro da polia menor ou maior; e distância aproximada entre centros.

Para determinar o fator de serviço (C_2), é preciso saber qual o tipo de arranque (suave ou brusco) recorrendo à Figura 6 [6].

Types of prime mover	
Soft starts	Heavy starts
Electric motors:	Electric motors:
AC – Star delta start	AC – Direct-on-line start
DC – Shunt wound	DC – Series and compound wound
Internal combustion engines with 4 or more cylinders	Internal combustion engines with less than 4 cylinders.
Prime movers fitted with centrifugal clutches, dry or fluid couplings or electronic soft start devices	Prime movers not fitted with soft start devices

Figura 6 –Tipos de arranque [6]

Sabendo o tipo de arranque é então possível determinar o fator de serviço (C_2) através da Figura 7 [6], tendo em conta o tipo de máquina movida e o tempo de funcionamento.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Types of driven machinery		Soft starts Duty time h/day			Heavy starts Duty time h/day		
		10 and under	Over 10 to 16	Over 16	10 and under	Over 10 to 16	Over 16
Class 1 Light duty	Blowers, exhausters and fans (up to 7,5 kW), centrifugal compressors and pumps. Belt conveyors (uniformly loaded).	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Class 2 Medium duty	Agitators (uniform density), blowers, exhausters and fans (over 7,5 kW). Rotary compressors and pumps (other than centrifugal). Belt conveyors (not uniformly loaded), generators and exciters, laundry machinery, lineshafts, machine tools, printing machinery, sawmill and woodworking machinery, screens (rotary).	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Class 3 Heavy duty	Agitators and mixers (variable density), brick machinery, bucket elevators, compressors and pumps (reciprocating), conveyors (heavy duty). Hoists, mills (hammer), pulverisers, punches, presses, shears, quarry plant, rubber machinery, screens (vibrating), textile machinery.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Class 4 Extra heavy duty	Crushers (gyratory-jaw roll), mills (ball-rod-tube).	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Figura 7 – Fator de Serviço [6]

Caso se trate de uma transmissão com acionamento de velocidade crescente ou progressivo, o fator de serviço (C_2) tem que ser multiplicado por um fator de correção que depende do valor da relação da transmissão tal como evidenciado na Figura 8 [6].

Speed Increase ratio
For speed increasing drives of
Speed ratio 1,00–1,24 multiply service factor by 1,00
Speed ratio 1,25–1,74 multiply service factor by 1,05
Speed ratio 1,75–2,49 multiply service factor by 1,11
Speed ratio 2,50–3,49 multiply service factor by 1,18
Speed ratio 3,50 and over multiply service factor by 1,25

Figura 8 - Fator de correção para relações de transmissão [6]

A potência de projeto (P_d), calcula-se através do produto da potência do motor (P_r) pelo fator de serviço (C_2).

$$P_d = P_r \times C_2 \quad (2)$$

Para determinar a secção transversal da correia, o fabricante disponibiliza 3 diagramas apresentados nas Figuras 9, 10 e 11 [6]

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

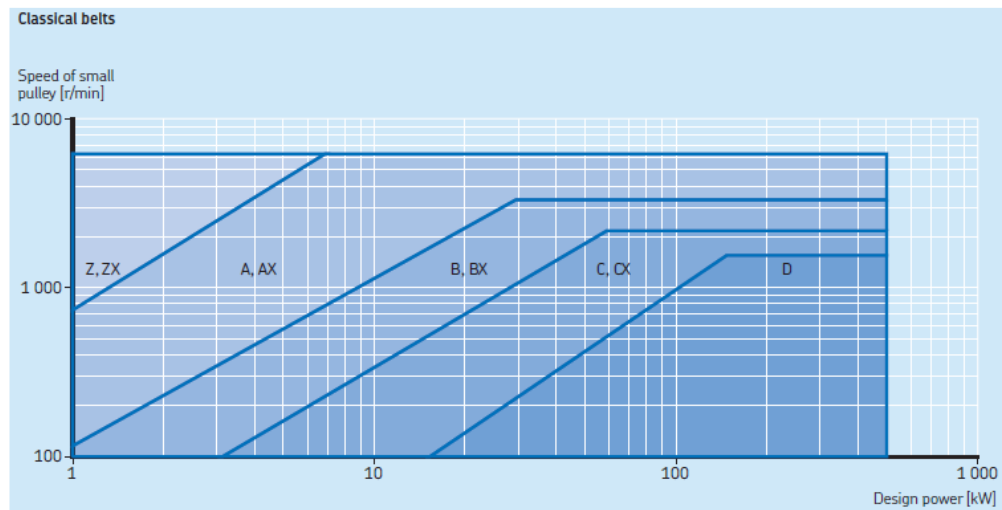


Figura 9 - Diagrama das secções para correias em V [6]

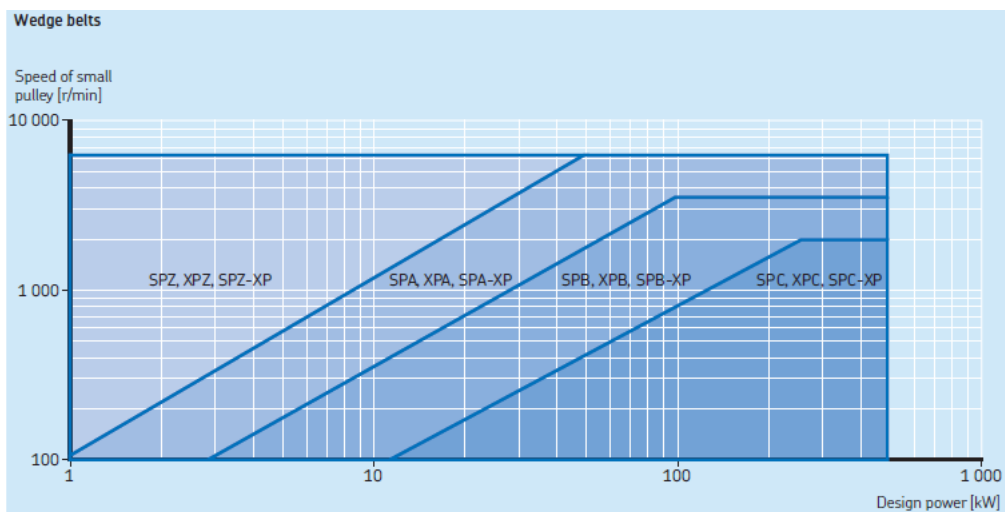


Figura 10 - Diagrama das secções para correias em cunha [6]

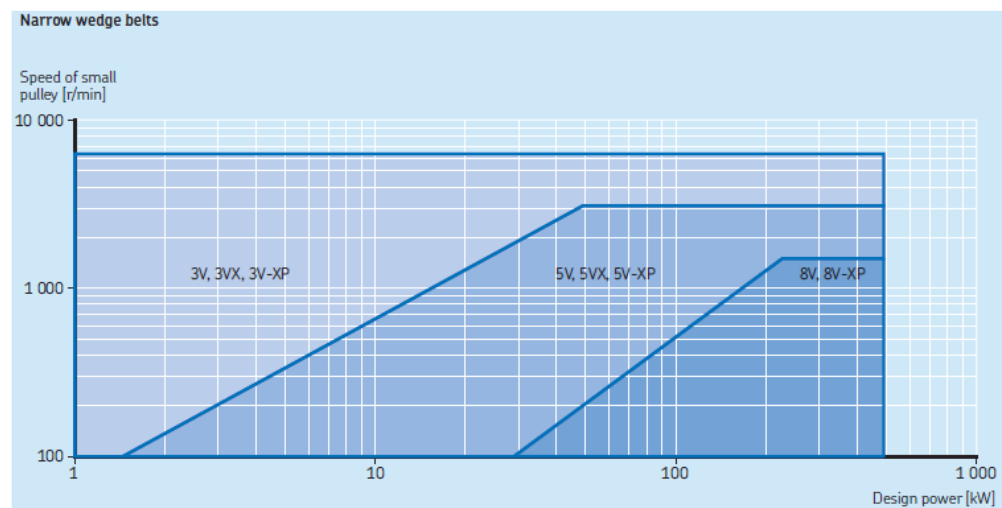


Figura 11 - Diagrama das secções para correias em cunha estreita [6]

No eixo das abcissas está representada a potência de projeto e no eixo das ordenadas está representada a velocidade angular da polia de menor diâmetro. Intersectando os dois valores identifica-se a secção transversal da correia a utilizar na transmissão.

No mesmo diagrama estão representadas várias possibilidades de tamanhos de secções, variando estas em termos de altura e largura. Quanto maior for a potência de projeto, maior será a altura e a largura da secção.

As principais diferenças entre os vários diagramas são a constituição química e a construção da correia.

A relação da transmissão é calculada segundo a fórmula (1) ilustrada no início do capítulo 2.

Em relação à determinação dos diâmetros o catálogo deste fabricante contempla dois métodos. O primeiro diz respeito a um método mais simples mas apenas aplicável a alguns tipos de secção, nomeadamente: SPA/ SPA-XP/ XPA/ SPB/ SPB-XP/ XPB/ SPC/ SPC-XP/ XPC/ 5V/ 5V-XP/ 5XV/ 8V/ 8V-XP, e caso seja dada informação sobre a distância entre centros estimada, nas condições de serviço iniciais. Na tabela apresentada na Figura 12 [6], assumindo um determinado valor da relação da transmissão (I_r), procura-se de seguida a distância entre centros exata (CC) mais próxima da distância entre centros estimada (CCp). Desta forma obtêm-se simultaneamente os diâmetros das polias e também o comprimento *standard* (L_{St}). Note-se que o catálogo do fabricante disponibiliza várias tabelas correspondentes a diferentes secções, pelo que se deverá consultar a tabela associada à secção pretendida. Importa ressaltar, que caso se opte por este método de determinação dos diâmetros, a fase seguinte diz respeito ao cálculo da potência básica.

Speed ratio	Datum diameter of pulleys		Belt length															
	Driver	Driven	800	900	1 000	1 120	1 250	1 400	1 600	1 800	2 000	2 240	2 500	2 800	3 150	3 550	4 000	4 500
–	mm	mm	mm															
2,25	*80	180	189	241	292	352	418	493	594	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,25	140	315	–	–	–	–	252	331	434	535	637	758	888	1 039	1 214	1 415	1 640	1 891
...																		
5,63	112	630	–	–	–	–	–	–	–	–	–	465	612	774	957	1 163	1 393	1 647
5,71	140	800	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	565	766	981	1 217	1 475	–
5,94	106	630	–	–	–	–	–	–	–	–	–	469	616	778	961	1 168	1 397	1 651

Figura 12 - Tabela (parcial) de diâmetros, distância entre centros e comprimento *standard* da correia [6]

Caso não estejam reunidas as condições necessárias à utilização do primeiro método, pode optar-se por um segundo método, o qual pressupõe que nas condições de serviço iniciais é indicado um diâmetro máximo para a polia de menor diâmetro. Assumindo esta condição selecciona-se um diâmetro inferior *standard* na tabela correspondente à secção pretendida (Figuras 13, 14, 15 e 16 [6]).

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Pulleys datum diameters	50	56	60	63	67	71	75	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	170	180	190	200	212
Z	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A						✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B														✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C																							✓*	✓	✓
D																									
SPZ/SPZ-XP					✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SPA/SPA-XP											✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SPB/SPB-XP																				✓*	✓	✓	✓	✓	✓
SPC/SPC-XP																									
ZX	✓*	✓	✓		✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AX																									
BX																									
CX																									
XPZ		✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
XPA							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
XPB														✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
XPC																									

Figura 13 - Diâmetros standard para as polias para correias em V [6]

	224	236	250	265	280	300	315	335	355	375	400	425	450	475	500	530	560	630	710	800	900	1 000	1 250
Z																							
A																							
B																							
C																							
D																							
SPZ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SPA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SPB	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SPC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ZX																							
AX	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BX	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CX	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
XPZ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
XPA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
XPB	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
XPC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 14 - Diâmetros standard para as polias para correias em V (Continuação) [6]

Pulley outside diameter	2.65	2.8	3	3.15	3.35	3.65	4.12	4.5	4.75	5	5.3	5.6	6	6.5	6.9	7.1	7.5	8	8.5	9	9.25	9.75	10.3	10.6	10.9
3V/3V-XP	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5V/5V-XP																									
8V/8V-XP																									
3VX	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5VX																									

Figura 15 - Diâmetros standard para as polias para correias em cunha estreita [6]

	11.8	12.5	13.2	14	15	16	17	18	19	20	21.2	22.4	24.8	25	28	30	33.5	35.5	37.5	40	44.5	50	53
3V																							
5V	✓	✓	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8V																							
3VX	✓	✓	✓																				
5VX																							

Figura 16 - Diâmetros standard para as polias para correias em cunha estreita (Continuação) [6]

Com o valor do diâmetro da polia menor e com a relação da transmissão, é possível determinar o valor do diâmetro da polia maior através da Figuras 17, 18, 19 e 20 [6]

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Pulley datum diameter [mm]		50	56	60	63	67	71	75	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	170	180	190	200	212
mm	—																									
50	1	1,12	1,20	1,26	1,34	1,42	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2	2,12	2,24	2,36	2,50	2,64	2,80	3	3,20	3,40	3,60	3,80	4	4,24	
56		1	1,07	1,13	1,20	1,27	1,34	1,43	1,52	1,61	1,70	1,79	1,89	2	2,11	2,23	2,36	2,50	2,68	2,86	3,04	3,21	3,39	3,57	3,79	
60			1	1,05	1,12	1,18	1,25	1,33	1,42	1,50	1,58	1,67	1,77	1,87	1,97	2,08	2,20	2,33	2,50	2,67	2,83	3	3,17	3,33	3,53	
63				1	1,06	1,13	1,19	1,27	1,35	1,43	1,51	1,59	1,68	1,78	1,87	1,98	2,10	2,22	2,38	2,54	2,70	2,86	3,02	3,17	3,37	
67					1	1,06	1,12	1,19	1,27	1,34	1,42	1,49	1,58	1,67	1,76	1,87	1,97	2,09	2,24	2,39	2,54	2,69	2,84	2,99	3,16	
71						1	1,06	1,13	1,20	1,27	1,34	1,41	1,49	1,58	1,66	1,76	1,86	1,97	2,11	2,25	2,39	2,54	2,68	2,82	2,99	
75							1	1,07	1,13	1,20	1,27	1,33	1,41	1,49	1,57	1,67	1,76	1,87	2	2,13	2,27	2,40	2,53	2,67	2,83	
80								1	1,06	1,13	1,19	1,25	1,33	1,40	1,48	1,56	1,65	1,75	1,88	2	2,13	2,25	2,38	2,50	2,65	
85									1	1,06	1,12	1,18	1,25	1,32	1,39	1,47	1,55	1,65	1,76	1,88	2	2,12	2,24	2,35	2,49	
90										1	1,06	1,11	1,18	1,24	1,31	1,39	1,47	1,56	1,67	1,78	1,89	2	2,11	2,22	2,36	
95											1	1,05	1,12	1,18	1,24	1,32	1,39	1,47	1,58	1,68	1,79	1,89	2	2,11	2,23	
100												1	1,06	1,12	1,18	1,25	1,32	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2	2,12	
106													1	1,06	1,11	1,18	1,25	1,32	1,42	1,51	1,60	1,70	1,79	1,89	2	
112														1	1,05	1,12	1,18	1,25	1,34	1,43	1,52	1,61	1,70	1,79	1,89	
118															1	1,06	1,12	1,19	1,27	1,36	1,44	1,53	1,61	1,69	1,80	
125																1	1,06	1,12	1,20	1,28	1,36	1,44	1,52	1,60	1,70	
132																	1	1,06	1,14	1,21	1,29	1,36	1,44	1,52	1,61	
140																		1	1,07	1,14	1,21	1,29	1,36	1,43	1,51	
150																			1	1,07	1,13	1,20	1,27	1,33	1,41	
160																				1	1,06	1,13	1,19	1,25	1,33	
170																					1	1,06	1,12	1,18	1,25	
180																						1	1,06	1,11	1,18	
190																							1	1,05	1,12	
200																								1	1,06	
212																									1	
224																									1	

Figura 17 - Diâmetros standard das polias para diferentes relações de transmissão em correias em V [6]

224	236	250	265	280	300	315	335	355	375	400	425	450	475	500	530	560	630	710	800	900	1000	1250	mm
4,48	4,72	5	5,30	5,60	6	6,30	6,70	7,10	7,50	8	8,50	9	9,50	10	10,60	11,20	12,60	14,20	16	18	20	25	50
4	4,21	4,46	4,73	5	5,36	5,63	5,98	6,34	6,70	7,14	7,59	8,04	8,48	8,93	9,46	10	11,25	12,68	14,29	16,07	17,86	22,32	56
3,73	3,93	4,17	4,42	4,67	5	5,25	5,58	5,92	6,25	6,67	7,08	7,50	7,92	8,33	8,83	9,33	10,50	11,83	13,33	15	16,67	20,83	60
3,56	3,75	3,97	4,21	4,44	4,76	5	5,32	5,63	5,95	6,35	6,75	7,14	7,54	7,94	8,41	8,89	10	11,27	12,70	14,29	15,87	19,84	63
3,34	3,52	3,73	3,96	4,18	4,48	4,70	5	5,30	5,60	5,97	6,34	6,72	7,09	7,46	7,91	8,36	9,40	10,60	11,94	13,43	14,93	18,66	66
3,15	3,32	3,52	3,73	3,94	4,23	4,44	4,72	5	5,28	5,63	5,99	6,34	6,69	7,04	7,46	7,89	8,87	10	11,27	12,68	14,08	17,61	71
2,99	3,15	3,33	3,53	3,73	4	4,20	4,47	4,73	5	5,33	5,67	6	6,33	6,67	7,07	7,47	8,40	9,47	10,67	12	13,33	16,67	75
2,80	2,95	3,13	3,31	3,50	3,75	3,94	4,19	4,44	4,69	5	5,31	5,63	5,94	6,25	6,63	7	7,88	8,88	10	11,25	12,50	15,63	80
2,64	2,78	2,94	3,12	3,29	3,53	3,71	3,94	4,18	4,41	4,71	5	5,29	5,59	5,88	6,24	6,59	7,41	8,35	9,41	10,59	11,76	14,71	85
2,49	2,62	2,78	2,94	3,11	3,33	3,50	3,72	3,94	4,17	4,44	4,72	5	5,28	5,56	5,89	6,22	7	7,89	8,89	10	11,11	13,89	90
2,36	2,48	2,63	2,79	2,95	3,16	3,32	3,53	3,74	3,95	4,21	4,47	4,74	5	5,26	5,58	5,89	6,63	7,47	8,42	9,47	10,53	13,16	95
2,24	2,36	2,50	2,65	2,80	3	3,15	3,35	3,55	3,75	4	4,25	4,50	4,75	5	5,30	5,60	6,30	7,10	8	9	10	12,50	100
2,11	2,23	2,36	2,50	2,64	2,83	2,97	3,16	3,35	3,54	3,77	4,01	4,25	4,48	4,72	5	5,28	5,94	6,70	7,55	8,49	9,43	11,79	106
2	2,11	2,23	2,37	2,50	2,68	2,81	2,99	3,17	3,35	3,57	3,79	4,02	4,24	4,46	4,73	5	5,63	6,34	7,14	8,04	8,93	11,16	112
1,90	2	2,12	2,25	2,37	2,54	2,67	2,84	3,01	3,18	3,39	3,60	3,81	4,03	4,24	4,49	4,75	5,34	6,02	6,78	7,63	8,47	10,59	118
1,79	1,89	2	2,12	2,24	2,40	2,52	2,68	2,84	3	3,20	3,40	3,60	3,80	4	4,24	4,48	5,04	5,68	6,40	7,20	8	10	125
1,70	1,79	1,89	2,01	2,12	2,27	2,39	2,54	2,69	2,84	3,03	3,22	3,41	3,60	3,79	4,02	4,24	4,77	5,38	6,06	6,82	7,58	9,47	132
1,60	1,69	1,79	1,89	2	2,14	2,25	2,39	2,54	2,68	2,86	3,04	3,21	3,39	3,57	3,79	4	4,50	5,07	5,71	6,43	7,14	8,93	140
1,49	1,57	1,67	1,77	1,87	2	2,10	2,23	2,37	2,50	2,67	2,83	3	3,17	3,33	3,53	3,73	4,20	4,73	5,33	6	6,67	8,33	150
1,40	1,48	1,56	1,66	1,75	1,88	1,97	2,09	2,22	2,34	2,50	2,66	2,81	2,97	3,13	3,31	3,50	3,94	4,44	5	5,63	6,25	7,81	160
1,32	1,39	1,47	1,56	1,65	1,76	1,85	1,97	2,09	2,21	2,35	2,50	2,65	2,79	2,94	3,12	3,29	3,71	4,18	4,71	5,29	5,88	7,35	170
1,24	1,31	1,39	1,47	1,56	1,67	1,75	1,86	1,97	2,08	2,22	2,36	2,50	2,64	2,78	2,94	3,11	3,50	3,94	4,44	5	5,56	6,94	180
1,18	1,24	1,32	1,39	1,47	1,58	1,66	1,76	1,87	1,97	2,11	2,24	2,37	2,50	2,63	2,79	2,95	3,32	3,74	4,21	4,74	5,26	6,58	190
1,12	1,18	1,25	1,33	1,40	1,50	1,58	1,68	1,78	1,88	2	2,13	2,25	2,38	2,50	2,65	2,80	3,15	3,55	4	4,50	5	6,25	200
1,06	1,11	1,18	1,25	1,32	1,42	1,49	1,58	1,67	1,77	1,89	2	2,12	2,24	2,36	2,50	2,64	2,97	3,35	3,77	4,25	4,72	5,90	212
1	1,05	1,12	1,18	1,25	1,34	1,41	1,50	1,58	1,67	1,79	1,90	2,01	2,12	2,23	2,37	2,50	2,81	3,17	3,57	4,02	4,46	5,58	224
	1	1,06	1,12	1,19	1,27	1,33	1,42	1,50	1,59	1,69	1,80	1,91	2,01	2,12	2,25	2,37	2,67	3,01	3,39	3,81	4,24	5,30	236
		1	1,06	1,12	1,20	1,26	1,34	1,42	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2	2,12	2,24	2,52	2,84	3,20	3,60	4	5	250
			1	1,06	1,13	1,19	1,26	1,34	1,42	1,51	1,60	1,70	1,79	1,89	2	2,11	2,38	2,68	3,02	3,40	3,77	4,72	265
				1	1,07	1,13	1,20	1,27	1,34	1,43	1,52	1,61	1,70	1,79	1,89	2	2,25	2,54	2,86	3,21	3,57	4,46	280
					1	1,05	1,12	1,18	1,25	1,33	1,42	1,50	1,58	1,67	1,77	1,87	2,10	2,37	2,67	3	3,33	4,17	300
						1	1,06	1,13	1,19	1,27	1,35	1,43	1,51	1,59	1,68	1,78	2	2,25	2,54	2,86	3,17	3,97	315
							1	1,06	1,12	1,19	1,27	1,34	1,42	1,49	1,58	1,67	1,88	2,12	2,39	2,69	2,99	3,73	330
								1	1,06	1,13	1,20	1,27	1,34	1,41	1,49	1,58	1,77	2	2,25	2,54	2,82	3,52	355
									1	1,07	1,13	1,20	1,27	1,33	1,41	1,49	1,68	1,89	2,13	2,40	2,67	3,33	370
										1	1,08	1,14	1,20	1,27	1,33	1,40	1,58	1,78	2	2,50	2,75	3,43	420
											1	1,06	1,12	1,18	1,25	1,32	1,48	1,67	1,88	2,12	2,35	2,94	440
												1	1,06	1,11	1,18	1,24	1,40	1,58	1,78	2	2,22	2,78	455
													1	1,05	1,12	1,18	1,33	1,49	1,68	1,89	2,11	2,63	470
														1	1,06	1,12	1,26	1,42	1,60	1,80	2	2,50	500
															1	1,06	1,19	1,34	1,51	1,70	1,89	2,36	530
																1	1,13	1,27	1,43	1,61	1,79	2,23	560
																	1	1,13	1,27	1,43	1,59	1,98	630
																		1	1,13	1,27	1,41	1,76	710
																			1	1,13	1,25	1,56	800
																				1	1,11	1,39	900
																					1	1,25	1000
																						1	1250

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Pulley outside diameter		2.65	2.8	3	3.15	3.35	3.65	4.12	4.5	4.75	5	5.3	5.6	6	6.5	6.9	7.1	7.5	8	8.5	9	9.25	9.75	10.3	10.6	10.9
in.		—																								
2.65	1		1.06	1.13	1.19	1.26	1.38	1.55	1.70	1.79	1.89	2	2.11	2.26	2.45	2.60	2.68	2.83	3.02	3.21	3.40	3.49	3.68	3.89	4	4.11
2.8		1		1.07	1.13	1.20	1.30	1.47	1.61	1.70	1.79	1.89	2	2.14	2.32	2.46	2.54	2.68	2.86	3.04	3.21	3.30	3.48	3.68	3.79	3.89
3			1		1.05	1.12	1.22	1.37	1.50	1.58	1.67	1.77	1.87	2	2.17	2.30	2.37	2.50	2.67	2.83	3	3.08	3.25	3.43	3.53	3.63
3.15				1		1.06	1.16	1.31	1.43	1.51	1.59	1.68	1.78	1.90	2.06	2.19	2.25	2.38	2.54	2.70	2.86	2.94	3.10	3.27	3.37	3.46
3.35					1		1.09	1.23	1.34	1.42	1.49	1.58	1.67	1.79	1.94	2.06	2.12	2.24	2.39	2.54	2.69	2.76	2.91	3.07	3.16	3.25
3.65						1		1.13	1.23	1.30	1.37	1.45	1.53	1.64	1.78	1.89	1.95	2.05	2.19	2.33	2.47	2.53	2.67	2.82	2.90	2.99
4.12							1		1.09	1.15	1.21	1.29	1.36	1.46	1.58	1.67	1.72	1.82	1.94	2.06	2.18	2.25	2.37	2.50	2.57	2.65
4.5								1		1.06	1.11	1.18	1.24	1.33	1.44	1.53	1.58	1.67	1.78	1.89	2	2.06	2.17	2.29	2.36	2.42
4.75									1		1.05	1.12	1.18	1.26	1.37	1.45	1.49	1.58	1.68	1.79	1.89	1.95	2.05	2.17	2.23	2.29
5										1		1.06	1.12	1.20	1.30	1.38	1.42	1.50	1.60	1.70	1.80	1.85	1.95	2.06	2.12	2.18
5.3											1		1.06	1.13	1.23	1.30	1.34	1.42	1.51	1.60	1.70	1.75	1.84	1.94	2	2.06
5.6												1		1.07	1.16	1.23	1.27	1.34	1.43	1.52	1.61	1.65	1.74	1.84	1.89	1.95
6													1		1.08	1.15	1.18	1.25	1.33	1.42	1.50	1.54	1.63	1.72	1.77	1.82
6.5														1		1.06	1.09	1.15	1.23	1.31	1.38	1.42	1.50	1.58	1.63	1.68
6.9															1		1.03	1.09	1.16	1.23	1.30	1.34	1.41	1.49	1.54	1.58
7.1																1		1.06	1.13	1.20	1.27	1.30	1.37	1.45	1.49	1.54
7.5																	1		1.07	1.13	1.20	1.23	1.30	1.37	1.41	1.45
8																		1		1.06	1.13	1.16	1.22	1.29	1.33	1.36
8.5																			1		1.06	1.09	1.15	1.21	1.25	1.28
9																				1		1.03	1.08	1.14	1.18	1.21
9.25																					1		1.05	1.11	1.15	1.18
9.75																						1		1.06	1.09	1.12
10.3																							1		1.03	1.06
10.6																								1		1.03
10.9																									1	1.03
11.8																										1

Figura 19 - Diâmetros standard das polias para diferentes relações de transmissão em correias em cunha estreita [6]

11.8	12.5	13.2	14	15	16	17	18	19	20	21.2	22.4	24.8	25	28	30	33.5	35.5	37.5	40	44.5	50	53	
4.45	4.72	4.98	5.28	5.66	6.04	6.42	6.79	7.17	7.55	8	8.45	9.36	9.43	10.57	11.32	12.64	13.40	14.15	15.09	16.79	18.87	20	2.65
4.21	4.46	4.71	5	5.36	5.71	6.07	6.43	6.79	7.14	7.57	8	8.86	8.93	10	10.71	11.96	12.68	13.39	14.29	15.89	17.86	18.93	2.8
3.93	4.17	4.40	4.67	5	5.33	5.67	6	6.33	6.67	7.07	7.47	8.27	8.33	9.33	10	11.17	11.83	12.50	13.33	14.83	16.67	17.67	3
3.75	3.97	4.19	4.44	4.76	5.08	5.40	5.71	6.03	6.35	6.73	7.11	7.87	7.94	8.89	9.52	10.63	11.27	11.90	12.70	14.13	15.87	16.83	3.15
3.52	3.73	3.94	4.18	4.48	4.78	5.07	5.37	5.67	5.97	6.33	6.69	7.40	7.46	8.36	8.96	10	10.60	11.19	11.94	13.28	14.93	15.82	3.35
3.23	3.42	3.62	3.84	4.11	4.38	4.66	4.93	5.21	5.48	5.81	6.14	6.79	6.85	7.67	8.22	9.18	9.73	10.27	10.96	12.19	13.70	14.52	3.65
2.86	3.03	3.20	3.40	3.64	3.88	4.13	4.37	4.61	4.85	5.15	5.44	6.02	6.07	6.80	7.28	8.13	8.62	9.10	9.71	10.80	12.14	12.86	4.12
2.62	2.78	2.93	3.11	3.33	3.56	3.78	4	4.22	4.44	4.71	4.98	5.51	5.56	6.22	6.67	7.44	7.89	8.33	8.89	9.89	11.11	11.78	4.5
2.48	2.63	2.78	2.95	3.16	3.37	3.58	3.79	4	4.21	4.46	4.72	5.22	5.26	5.89	6.32	7.05	7.47	7.89	8.42	9.37	10.53	11.16	4.75
2.36	2.50	2.64	2.80	3	3.20	3.40	3.60	3.80	4	4.24	4.48	4.96	5	5.60	6	6.70	7.10	7.50	8	8.90	10	10.60	5
2.23	2.36	2.49	2.64	2.83	3.02	3.21	3.40	3.58	3.77	4	4.23	4.68	4.72	5.28	5.66	6.32	6.70	7.08	7.55	8.40	9.43	10	5.3
2.11	2.23	2.36	2.50	2.68	2.86	3.04	3.21	3.39	3.57	3.79	4	4.43	4.46	5	5.36	5.98	6.34	6.70	7.14	7.95	8.93	9.46	5.6
1.97	2.08	2.20	2.33	2.50	2.67	2.83	3	3.17	3.33	3.53	3.73	4.13	4.17	4.67	5	5.58	5.92	6.25	6.67	7.42	8.33	8.83	6
1.82	1.92	2.03	2.15	2.31	2.46	2.62	2.77	2.92	3.08	3.26	3.45	3.82	3.85	4.31	4.62	5.15	5.46	5.77	6.15	6.85	7.69	8.15	6.5
1.71	1.81	1.91	2.03	2.17	2.32	2.46	2.61	2.75	2.90	3.07	3.25	3.59	3.62	4.06	4.35	4.86	5.14	5.43	5.80	6.45	7.25	7.68	6.9
1.66	1.76	1.86	1.97	2.11	2.25	2.39	2.54	2.68	2.82	2.99	3.15	3.49	3.52	3.94	4.23	4.72	5	5.28	5.63	6.27	7.04	7.46	7.1
1.57	1.67	1.76	1.87	2	2.13	2.27	2.40	2.53	2.67	2.83	2.99	3.31	3.33	3.73	4	4.47	4.73	5	5.33	5.93	6.67	7.07	7.5
1.48	1.56	1.65	1.75	1.88	2	2.13	2.25	2.38	2.50	2.65	2.80	3.10	3.13	3.50	3.75	4.19	4.44	4.69	5	5.56	6.25	6.63	8
1.39	1.47	1.55	1.65	1.76	1.88	2	2.12	2.24	2.35	2.49	2.64	2.92	2.94	3.29	3.53	3.94	4.18	4.41	4.71	5.24	5.88	6.24	8.5
1.31	1.39	1.47	1.56	1.67	1.78	1.89	2	2.11	2.22	2.36	2.49	2.76	2.78	3.11	3.33	3.72	3.94	4.17	4.44	4.94	5.56	5.89	9
1.28	1.35	1.43	1.51	1.62	1.73	1.84	1.95	2.05	2.16	2.29	2.42	2.68	2.70	3.03	3.24	3.62	3.84	4.05	4.32	4.81	5.41	5.73	9.25
1.21	1.28	1.35	1.44	1.54	1.64	1.74	1.85	1.95	2.05	2.17	2.30	2.54	2.56	2.87	3.08	3.44	3.64	3.85	4.10	4.56	5.13	5.44	9.75
1.15	1.21	1.28	1.36	1.46	1.55	1.65	1.75	1.84	1.94	2.06	2.17	2.41	2.43	2.72	2.91	3.25	3.45	3.64	3.88	4.32	4.85	5.15	10.3
1.11	1.18	1.25	1.32	1.42	1.51	1.60	1.70	1.79	1.89	2	2.11	2.34	2.36	2.64	2.83	3.16	3.35	3.54	3.77	4.20	4.72	5	10.6
1.08	1.15	1.21	1.28	1.38	1.47	1.56	1.65	1.74	1.83	1.94	2.06	2.28	2.29	2.57	2.75	3.07	3.26	3.44	3.67	4.08	4.59	4.86	10.9
1	1.06	1.12	1.19	1.27	1.36	1.44	1.53	1.61	1.69	1.80	1.90	2.10	2.12	2.37	2.54	2.84	3.01	3.18	3.39	3.77	4.24	4.49	11.8
	1	1.06	1.12	1.20	1.28	1.36	1.44	1.52	1.60	1.70	1.79	1.98	2	2.24	2.40	2.68	2.84	3	3.20	3.56	4	4.24	12.5
		1	1.06	1.14	1.21	1.29	1.36	1.44	1.52	1.61	1.70	1.88	1.89	2.12	2.27	2.54	2.69	2.84	3.03	3.37	3.79	4.02	13.2
			1	1.07	1.14	1.21	1.29	1.36	1.43	1.51	1.60	1.77	1.79	2	2.14	2.39	2.54	2.68	2.86	3.18	3.57	3.79	14
				1	1.07	1.13	1.20	1.27	1.33	1.41	1.49	1.65	1.67	1.87	2	2.23	2.37	2.50	2.67	2.97	3.33	3.53	15
					1	1.06	1.13	1.19	1.25	1.33	1.40	1.55	1.56	1.75	1.88	2.09	2.22	2.34	2.50	2.78	3.13	3.31	16
						1	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.46	1.47	1.65	1.76	1.97	2.09	2.21	2.35	2.62	2.94	3.12	17
							1	1.06	1.11	1.18	1.24	1.38	1.39	1.56	1.67	1.86	1.97	2.08	2.22	2.47	2.78	2.94	18
								1	1.05	1.12	1.18	1.31	1.32	1.47	1.58	1.76	1.87	1.97	2.11	2.34	2.63	2.79	19
									1	1.06	1.12	1.24	1.25	1.40	1.50	1.68	1.78	1.88	2	2.23	2.50	2.65	20
										1	1.06	1.17	1.18	1.32	1.42	1.58	1.67	1.77	1.89	2.10	2.36	2.50	21
											1	1.11	1.12	1.25	1.34	1.50	1.58	1.67	1.79	1.99	2.23	2.37	22
												1	1.01	1.13	1.22	1.35	1.43	1.53	1.61	1.79	2.02	2.14	23
													1	1.12	1.20	1.34	1.42	1.50	1.60	1.78	2	2	24
														1	1.07	1.20	1.27	1.34	1.43	1.59	1.79	1.89	25
															1	1.12	1.18	1.25	1.33	1.48	1.67	1.77	26
																1	1.06	1.12	1.19	1.33	1.49	1.58	33.5
																	1	1.06	1.13	1.25	1.41	1.49	35.5
																		1	1.07	1.19	1.33	1.41	37.5
																			1	1.11	1.25	1.33	40
																				1	1.12	1.19	44.5
																					1	1.06	50

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

A determinação da referência e do comprimento *standard* (L_{St}) para a correia, tem por base as tabelas de comprimentos existentes para cada uma das secções disponíveis. A tabela da Figura 21 [6] apresentada no catálogo do fabricante, ilustra a título de exemplo uma dessas tabelas.

Section	Dimensions		Designation
	Pitch length	w h	
	mm		
SPA	2 650	12,7 10	PHG SPA2650
...			
	4 250	12,7 10	PHG SPA4250
	4 500	12,7 10	PHG SPA4500

Figura 21 - Tabela (parcial) dos comprimentos *standard* e referências [6]

Com o comprimento *standard* (L_{St}), procede-se à correção do valor da distância entre centros (CC), cujo cálculo é efetuado através da fórmula seguinte:

$$CC = \frac{a + \sqrt{a^2 - 8 \times (D - d)^2}}{8} \quad (5)$$

Onde:

$$a = 2 \times L_{St} - \pi \times (D - d) \quad (6)$$

O valor da potência básica da correia (P_b), obtém-se por consulta às tabelas de potência apresentadas no catálogo do fabricante, assumindo um determinado valor de diâmetro da polia menor e respetiva velocidade angular. A Figura 22 [6] ilustra, a título de exemplo, parte das tabelas mencionadas. Nas tabelas de potência é também possível obter um valor de potência adicional a acrescentar à potência básica da correia (P_b), assumindo uma determinada relação da transmissão (I_r) e velocidade angular da polia de menor diâmetro.

Faster shaft speed	Rated power per belt for small pulley datum diameter [mm]												Additional power per belt for speed ratio			
	67	71	75	80	85	90	95	100	112	125	132	140	1,00 to 1,05	1,06 to 1,24	1,25 to 1,59	> 1,59
r/min	kW												kW			
100	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,16	0,18	0,19	0,20	–	–	0,01	0,01
500	0,31	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,54	0,62	0,70	0,75	0,80	–	0,01	0,03	0,04
...																
9 800	2,30	2,58	2,85	3,17	–	–	–	–	–	–	–	–	0,05	0,26	0,52	0,74
10 000	2,31	2,59	2,86	3,18	–	–	–	–	–	–	–	–	0,05	0,27	0,53	0,76

Figura 22 – Tabela (parcial) de potências básicas [6]

Para corrigir a potência básica (P_b), existem dois tipos de fatores de correção: fator de correção para o comprimento da correia (C_1) e fator de correção para o arco de contacto (C_3).

O fator de correção para o comprimento da correia (C_1) resulta da interseção entre o tipo de secção transversal da correia e o comprimento *standard* da correia (L_{St}), obtendo-se por

consulta à tabela apresentada na Figura 23 (a) [6]. Por sua vez, o fator de correção para o arco de contacto (C_3) resulta da tabela apresentada na Figura 23 (b) [6] e equivale ao valor correspondente ao coeficiente resultante da divisão da diferença entre os diâmetros das polias pela distância entre centros (CC).

Belt length correction factor C_1										
Belt length	Correction factor	SPA	SPB	SPC	8V	Z	A	B	C	D
		SPZ-XP	SPA-XP	SPB-XP	SPC-XP	8V-XP	ZX	AX	BX	CX
		XPZ	XPA	XPB	XPC					
		3V	5V							
		3V-XP	5V-XP							
		3VX	5VX							
mm	—									
400	0,50					0,87	0,68			
475	0,65					0,90	0,74	0,64		
530	0,74					0,93	0,78	0,70		
630	0,82	0,77				0,96	0,81	0,76		
710	0,84	0,79				0,99	0,83	0,78		
900	0,88	0,83	0,76			1,05	0,87	0,82	0,73	
1000	0,90	0,85	0,78			1,06	0,89	0,84	0,76	
1120	0,93	0,87	0,80			1,08	0,91	0,86	0,78	
1250	0,95	0,89	0,82			1,11	0,93	0,88	0,80	
1400	0,96	0,91	0,84	0,70		1,14	0,96	0,90	0,82	
1600	1,00	0,93	0,86	0,74		1,17	0,99	0,93	0,84	
1800	1,01	0,95	0,88	0,77		1,22	1,01	0,95	0,86	
2000	1,02	0,96	0,90	0,80	0,78	1,25	1,03	0,98	0,88	0,78
2240	1,05	0,98	0,92	0,83	0,80	1,28	1,06	1,00	0,91	0,80
2500	1,07	1,00	0,94	0,86	0,80	1,29	1,09	1,03	0,93	0,82
2800	1,09	1,02	0,96	0,88	0,82	1,29	1,11	1,05	0,95	0,84
3150	1,11	1,04	0,98	0,90	0,84		1,13	1,07	0,97	0,86
3550	1,13	1,06	1,00	0,92	0,86		1,15	1,09	0,99	0,88
4000	1,13	1,08	1,02	0,94	0,89		1,17	1,13	1,02	0,91
4500	1,13	1,09	1,04	0,96	0,91		1,17	1,15	1,04	0,93
5000		1,09	1,06	0,98	0,94		1,17	1,18	1,07	0,96
5600		1,09	1,08	1,00	0,96		1,17	1,20	1,09	0,98
6300			1,10	1,02	0,99		1,17	1,23	1,12	1,01
7100			1,12	1,04	1,02			1,23	1,15	1,04
8000			1,14	1,06	1,04			1,23	1,18	1,06
9000			1,14	1,08	1,07			1,23	1,21	1,09
10000			1,14	1,10	1,09			1,23	1,23	1,11
11200				1,12	1,12				1,23	1,14
12500				1,14	1,15				1,23	1,17

(a)

Arc of contact power correction factor C_3		
$\frac{D-d}{CC}$	Arc of contact on small pulley	Arc of contact correction factor C_3
mm	deg.	—
0,00	180	1,00
0,05	177	0,99
0,10	174	0,99
0,15	171	0,98
0,20	169	0,97
0,25	166	0,97
0,30	163	0,96
0,35	160	0,95
0,40	157	0,94
0,45	154	0,93
0,50	151	0,93
0,55	148	0,92
0,60	145	0,91
0,65	142	0,90
0,70	139	0,89
0,75	136	0,88
0,80	133	0,87
0,85	130	0,86
0,90	127	0,85
0,95	123	0,83
1,00	120	0,82
1,05	117	0,81
1,10	113	0,80
1,15	100	0,78
1,20	107	0,77
1,25	104	0,75
1,30	101	0,73
1,35	97	0,72
1,40	93	0,70

(b)

Figura 23 Valores para o fator de correção do comprimento da correia (C_1) (a) e fator de correção para o arco de contacto (C_3) (b) [6]

Para o cálculo da potência da correia (P_r), multiplica-se a potência básica (P_b) pelos fatores de correção C_1 e C_3 .

$$P_r = P_b \times C_3 \times C_1 \quad (7)$$

O número de correias para a transmissão (N), calcula-se através da divisão da potência de projeto (P_d) pela potência da correia (P_r).

$$N = \frac{P_d}{P_r} \quad (8)$$

Refira-se que o número de correias (N) é sempre arredondado para o valor absoluto imediatamente superior.

Por último, determinam-se as tolerâncias de instalação (MIA) e as tolerâncias para tensionamento da correia (MTA), que representam as distâncias necessárias para instalar e tensionar a correia. Estas distâncias são a causa da variação da distância entre centros. Para obter o seu valor, recorre-se à tabela apresentada na Figura 25 [6], sendo determinadas pela intersecção do comprimento *standard* da correia (L_{st}) e respetiva secção transversal.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Datum length	Minimum take-up allowance for tensioning	Minimum installation allowance – for fitting					D	XPZ 3VX SPZ SPZ-XP 3V 3V-XP	XPA SPA SPA-XP	XPB SVX SPB SPB-XP SV SV-XP	XPC SPC SPC-XP	8V 8V-XP
		Z ZX	A AX	B BX	C CX							
–	mm	mm										
400–1 199	25	15	20	25	40	–	15	20	–	–	–	
1 200–2 099	35	20	20	30	40	50	20	25	25	–	–	
2 100–2 799	40	20	25	30	40	50	20	25	25	35	40	
2 800–3 399	45	–	25	30	40	50	20	25	25	35	40	
3 400–4 399	55	–	25	30	50	55	20	25	25	35	40	
4 400–5 399	65	–	25	40	50	60	–	25	25	35	45	
5 400–6 399	85	–	25	40	50	60	–	–	35	40	45	
6 400–7 799	95	–	–	40	50	65	–	–	35	40	45	
7 800–9 999	110	–	–	40	50	65	–	–	35	40	50	
10 000–	130	–	–	40	50	65	–	–	45	50	50	

Figura 24 – Tolerâncias para Instalação (MIA) e Tensionamento (MTA) [6]

3.2. OPTIBELT [7]

Tal como a SKF a OPTIBELT considera em primeiro lugar as condições de serviço da transmissão. Para a OPTIBELT as condições de serviço são condicionadas pelo: Tipo de máquina; tempo de funcionamento diário; potência da transmissão; velocidade angular das duas polias; distância aproximada entre centros; e um valor máximo para o diâmetro da polia menor.

O fator de serviço (C_2), obtém-se através da tabela de padrões apresentada na Figura 25 [7], onde são apresentados vários tipos de máquina motora, máquina movida e os respectivos tempos de funcionamento. O valor do fator é determinado através da interseção entre o tipo de máquina motora e o tempo de funcionamento, e o tipo de máquina movida, indicados nas condições de serviço.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Examples for Work Machines	Examples for Drive Machines					
	AC motors and three-phase induction machines with a normal starting torque (up to 1.8 times nominal torque), e. g. synchronous motors and single-phase motors with a starting-aid phase, three-phase squirrel cage motors with direct start, star-delta connection or slip ring starters; direct-current shunt-wound motors, combustion engines and turbines $n > 600$ rpm			AC motors and three-phase induction machines with high starting torque (over 1.8 times nominal torque), e. g. single-phase motors with high starting torque; direct-current series-wound motors with series connection and compound; combustion engines and turbines $n < 600$ rpm		
	Load factor c_2 for daily operating time (hours)			Load factor c_2 for daily operating time (hours)		
	up to 10	over 10 to 16	over 16	up to 10	over 10 to 16	over 16
Light drives Centrifugal pumps and compressors, belt conveyors (light weight materials), fans and pumps up to 7.5 kW.	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Medium drives Plate cutters, presses, chain and belt conveyors (heavy materials), vibrating screens, generators and exciters, bakery machinery, machine tools (lathes and grinders), laundry machines, printing machinery, fans and pumps over 7.5 kW.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Heavy drives Crushing plants, piston compressors, heavy-duty conveyors, directional throw conveyors, push conveyors (screw, plate belts, bucket and shovel conveyors), lifts, briquette presses, textile machinery, paper machinery, piston pumps, excavator pumps, log frame saws, hammer mills.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Very heavy drives Heavy-duty mills, stone crushers, calenders, mixers, winches, cranes, excavators, heavy-duty wood working machinery.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Figura 25 - Padrões para seleção do fator de serviço (C_2) [7]

O valor da potência de projeto (P_b), é determinado multiplicando-se a potência do motor (P) pelo fator de serviço (C_2).

$$P_b = P \times C_2 \quad (9)$$

Para a secção transversal da correia, o fabricante disponibiliza vários diagramas para as secções disponíveis, representados nas Figuras 26, 27, 28, 29 e 30 [7].

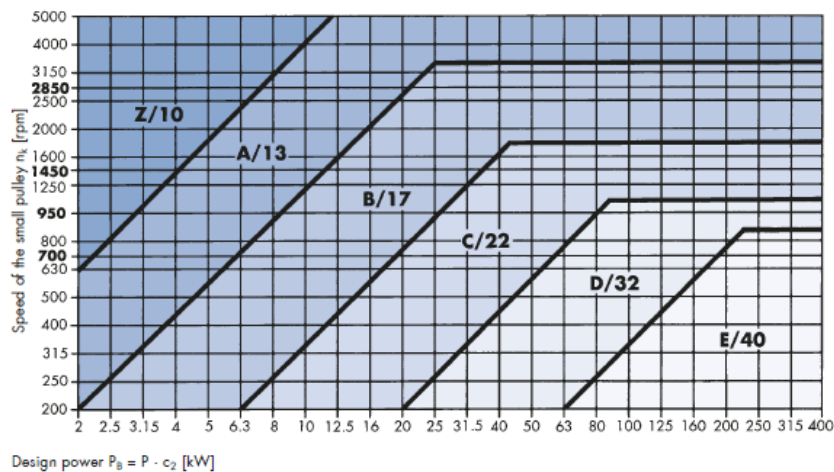


Figura 26 - Diagrama para correias em V clássicas Optibelt VB DIN 2215 [7]

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

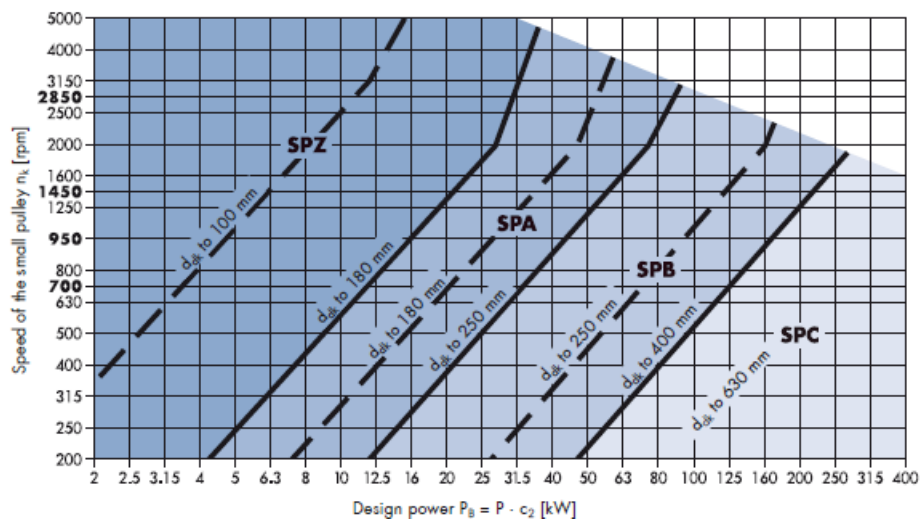


Figura 27 - Diagrama para correias em Cunha Optibelt SK e Alta Performance DIN 7753 [7]

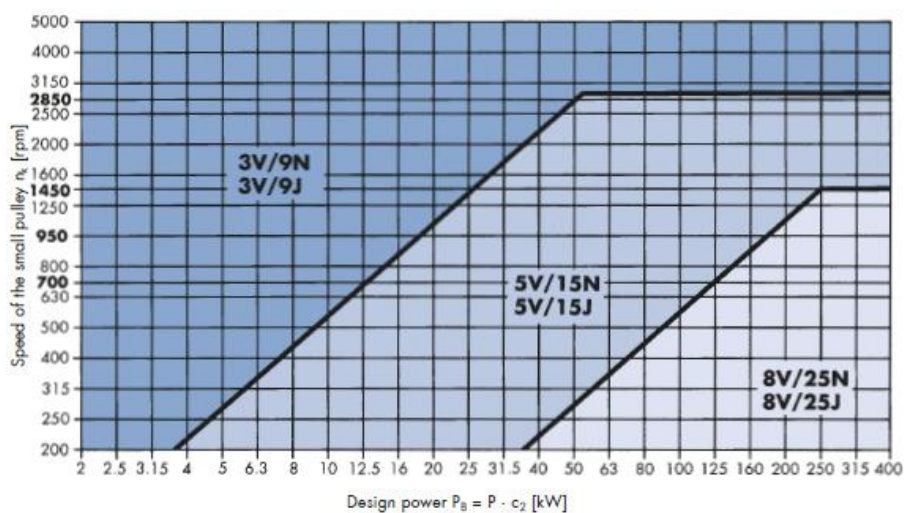


Figura 28 - Diagrama para correias em Cunha Optibelt SK de alta performance segundo as normas USA RMA/MPA [7]

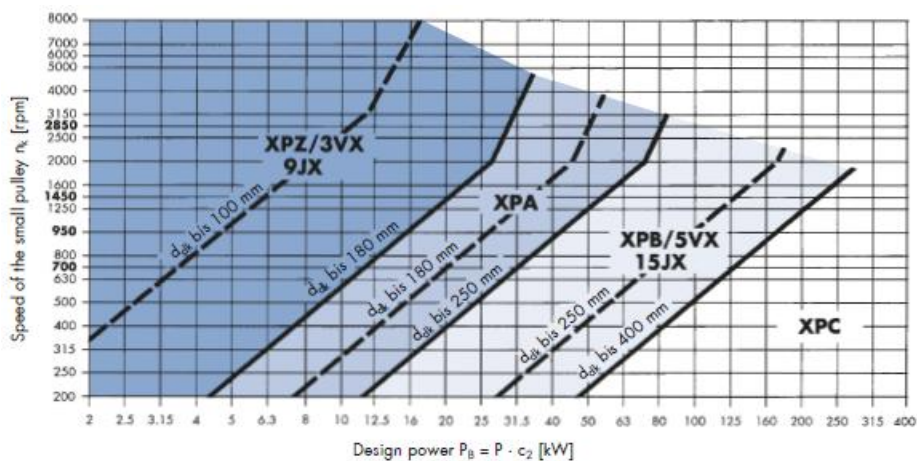


Figura 29 - Diagrama para correias em Cunha Optibelt SUPER X-POWER M=S [7]

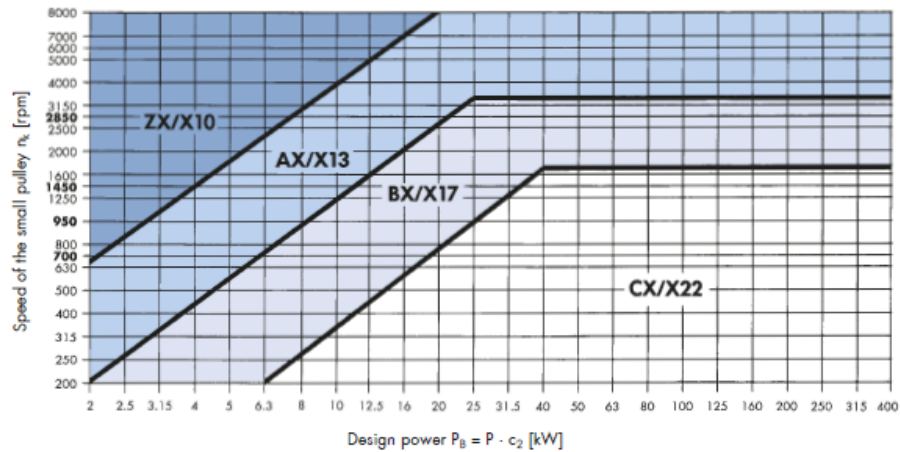


Figura 30 - Diagrama para correias em V Optibelt SUPER TX M=S [7]

No eixo das abcissas é representada a potência de projeto (P_b) e no eixo das ordenadas é representada a velocidade angular da polia de menor diâmetro. A secção desejada da correia resulta da intersecção entre o valor da potência de projeto (P_b) calculado anteriormente, e o valor da velocidade angular da polia de menor diâmetro (cedido inicialmente nas condições de serviço).

A relação da transmissão (i), calcula-se segundo a fórmula (1) no início do capítulo 2.

Nas condições iniciais é indicado um valor máximo para o diâmetro da polia menor, pelo que através da Figura 31 [7], que apresenta a tabela de diâmetros *standard* ilustrada no catálogo do fabricante, é possível conhecer o diâmetro da polia menor com base na secção transversal pretendida.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

V-belt profile	ISO designation											Datum diameter d_d		Radial and axial run-out tolerance
	—	Y	—	Z	A	B	—	C	—	D	E			
DIN 2215	5	6	8	10	13	17	20	22	25	32	40			
Wedge belt profile	DIN 7753 Part 1 and ISO 4184											min.	max.	
	—	—	—	SPZ	SPA	SPB	—	SPC	—	—	—			
Datum diameter d_d	20.0											20.0	20.4	0.2
	22.0											22.0	22.4	
	25.0											25.0	25.4	
	28.0	28.0										28.0	28.4	
	31.5	31.5										31.5	32.0	
	35.5	35.5										35.5	36.1	
	40.0	40.0	40	40								40.0	40.6	
	45.0	45.0	45	45								45.0	45.7	0.2
	50.0	50.0	50	50								50.0	50.8	
	56.0	56.0	56	56								56.0	56.9	
	63.0	63.0	63	63	63							63.0	64.0	
				67	67							67.0	68.0	
	71.0	71.0	71	71	71							71.0	72.1	0.3
	80.0	80.0	80	80	80							75.0	76.1	
				85	85							80.0	81.3	
		90.0	90	90	90	90						85.0	86.3	
				95	95	95						90.0	91.4	
		100.0	100	100	100	100						95.0	96.4	
				106	106	106						100.0	101.6	0.4
												106.0	107.6	
	112.0	112	112	112	112	112						112.0	113.8	
				118	118	118						118.0	119.9	
	125.0	125	125	125	125	125						125.0	127.0	
				132	132	132						132.0	134.1	0.5
				140	140	140						140.0	142.2	
				150	150	150						150.0	152.4	
				160	160	160	160	160				160.0	162.6	
			180	170	170	170						170.0	172.7	0.6
			180	180	180	180	180	180				180.0	182.9	
			190	190	190	190	190	190				190.0	193.0	
			200	200	200	200	200	200				200.0	203.2	
			212	212	212	212	212	212				212.0	215.4	
			224	224	224	224	224	224				224.0	227.6	
				225	225	225						225.0	228.6	0.8
				236	236	236						236.0	239.8	
				250	250	250	250	250	250			250.0	254.0	
												265.0	269.0	
				280	280	280	280	280	280			280.0	284.5	1.0
				300	300	300	300	300	300			300.0	304.8	
				315	315	315	315	315	315			315.0	320.0	
					335	335	335	335	335	335		335.0	340.0	
				355	355	355	355	355	355	355		355.0	360.7	
				400	400	400	400	400	400	400		400.0	406.4	
												425.0	431.4	1.2
				450	450	450	450	450	450	450		450.0	457.2	
				500	500	500	500	500	500	500		475.0	482.2	
				560	560	560	560	560	560	560	500	500.0	508.0	
				630	630	630	630	630	630	630		560.0	569.0	
												630.0	640.1	
				710	710	710	710	710	710	710		710.0	721.4	1.0
				800	800	800	800	800	800	800		800.0	812.8	
				900	900	900	900	900	900	900		900.0	914.4	
				1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000.0	1016.0	
														1.2
Allowed deviation of the datum diameters of the grooves in relation to one another [mm]												—		

Figura 31 - Diâmetros standard disponíveis [7]

Com o valor do diâmetro da polia menor (d_{d1}), é possível calcular um valor aproximado do diâmetro da polia maior (d_{d2}), multiplicando o primeiro (d_{d1}) pela relação da transmissão (i).

$$d_{d2} = d_{d1} \times i \quad (10)$$

Utilizando o valor resultante da fórmula (10), o fabricante utiliza como referência a tabela de diâmetros *standard* apresentada na Figura 31 [7], e pesquisa o diâmetro mais próximo do valor obtido em (10), obtendo assim o valor exato do diâmetro da polia maior (d_{d2}).

Para confirmar a seleção dos diâmetros, o fabricante efetua uma verificação da velocidade angular da transmissão desejada, tendo em conta que por vezes é estipulado nas condições de serviço, que a velocidade angular das polias esteja compreendida num determinado intervalo de valores.

Para isso calcula-se a relação da transmissão provisória (i_{vorth}), através da divisão entre os dois diâmetros previamente selecionados. A partir desta relação determina-se a velocidade

angular da polia de maior diâmetro ($n_{2_{vorth}}$) e assim é possível confirmar se o valor obtido se encontra dentro do intervalo pretendido.

$$i_{vorth} = \frac{d_{d2}}{d_{d1}} \quad (11)$$

$$n_{2_{vorth}} = \frac{n_1}{i_{vorth}} \quad (12)$$

A distância preliminar entre centros (a) é um valor estimado, que deverá estar compreendido num intervalo de valores conforme evidenciado na fórmula (13):

$$0,7 \times (d_{dg} + d_{dk}) < a < 2 \times (d_{dg} + d_{dk}) \quad (13)$$

Conhecendo o valor da distância preliminar entre centros (a), é possível calcular um valor teórico para o comprimento da correia (L_{dth}), conforme apresentado na fórmula (14):

$$L_{dth} \approx 2 \times a + 1,57 \times (d_{dg} + d_{dk}) + \frac{(d_{dg} - d_{dk})^2}{4 \times a} \quad (14)$$

O comprimento *standard* (L_{dst}), é o valor mais próximo do valor teórico, na tabela correspondente à secção pretendida apresentada no catálogo do fabricante, que indica as medidas *standard* disponíveis. Na Figura 32 [7] está ilustrada uma tabela dos comprimentos *standard* a título de exemplo.

Profile 3V/9N	
Belt designation	
Profile, length code	Profile, outside length, L _s (mm)
3V 475	9N 1206
...	
3V 1320	9N 3353
3V 1400	9N 3556

Figura 32 - Tabela (parcial) dos comprimento *standard* e respetiva referência da correia [7]

A correção da distância entre centros (a_{nom}), cujo valor até agora foi apenas estimado, tem por base o valor estimado (a) e os comprimentos teórico (L_{dth}) e *standard* (L_{dst}) obtidos anteriormente, e calcula-se segundo as fórmulas apresentadas em (15) e (16) e de acordo com as seguintes condições:

$$\text{Se } L_{dst} > L_{dth} ; a_{nom} \approx a + \frac{L_{dst} - L_{dth}}{2} \quad (15)$$

$$\text{Se } L_{dst} < L_{dth} ; a_{nom} \approx a - \frac{L_{dst} - L_{dth}}{2} \quad (16)$$

As tolerâncias de instalação (y) e tensionamento da correia (x), permitem efetuar ajustamentos na distância entre centros (a_{nom}). A obtenção destes valores é efetuada por consulta às tabelas de tolerâncias de ajustamento apresentadas no catálogo do fabricante, através da interseção entre o comprimento da correia (L_{dst}) e a secção transversal (Figuras 33, 34 e 35 [7]).

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Datum length [mm]	Minimum allowance x [mm] – for tensioning	Minimum allowance y [mm] – for easy fitting			
		SPZ, XPZ	SPA, XPA	SPB, XPB	SPC, XPC
487 ≤ 670	10	10	10	—	—
> 670 ≤ 1000	15	15	15	—	—
> 1000 ≤ 1250	20	15	15	—	—
> 1250 ≤ 1800	25	20	20	20	—
> 1800 ≤ 2240	25	20	20	20	25
> 2240 ≤ 3000	35	20	20	20	30
> 3000 ≤ 4000	45	20	20	20	30
> 4000 ≤ 5000	55	20	20	25	30
> 5000 ≤ 6300	70	25	25	30	35
> 6300 ≤ 8000	85	25	25	35	40
> 8000 ≤ 10000	110	30	30	35	45
> 10000 ≤ 12500	135	—	—	35	45
> 12500 ≤ 15000	150	—	—	45	55
> 15000 ≤ 18000	190	—	—	45	55

Figura 33 - Valores das Tolerâncias de Instalação (y) e Tensionamento (x) da correia [7]

Datum length	Outside length [mm]	Minimum allowance x [mm] – for tensioning	Minimum allowance y [mm] – for easy fitting		
			3V/9N, 3VX/9NX	5V/15N, 5VX/15NX	8V/25N
> 265 ≤ 400	> 673 ≤ 1016	15	15	—	—
> 400 ≤ 475	> 1016 ≤ 1206	20	15	—	—
> 475 ≤ 710	> 1206 ≤ 1803	25	20	20	—
> 710 ≤ 850	> 1803 ≤ 2159	25	20	20	—
> 850 ≤ 1180	> 2159 ≤ 2997	35	20	20	40
> 1180 ≤ 1600	> 2997 ≤ 4064	45	20	20	40
> 1600 ≤ 2000	> 4064 ≤ 5080	55	20	25	40
> 2000 ≤ 2500	> 5080 ≤ 6350	70	—	30	45
> 2500 ≤ 3150	> 6350 ≤ 8001	85	—	35	45
> 3150 ≤ 4000	> 8001 ≤ 10160	110	—	35	50
> 4000 ≤ 5000	> 10160 ≤ 12700	135	—	35	50
> 5000 ≤ 6000	> 12700 ≤ 15240	150	—	45	60
> 6000 ≤ 7100	> 15240 ≤ 18034	190	—	45	60

Figura 34 - Valores das Tolerâncias de Instalação (y) e Tensionamento (x) da correia [7]

Datum length [mm]	Minimum allowance x [mm] – for tensioning	Minimum allowance y [mm] – for easy fitting													
		s	1/8	ø	Z/10, ZX/X10	A/13, AX/X13	B/17, BX/X17	20	C/22, CX/X22	25	0/32	1/40	1/40	1/40	1/40
≤ 200	5	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
> 200 ≤ 250	5	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
> 250 ≤ 315	5	10	10	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
> 315 ≤ 670	10	—	—	10	10	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—
> 670 ≤ 1000	15	—	—	10	15	15	15	—	—	—	—	—	—	—	—
> 1000 ≤ 1250	20	—	—	15	15	15	15	20	20	—	—	—	—	—	—
> 1250 ≤ 1800	25	—	—	15	20	20	20	20	25	25	—	—	—	—	—
> 1800 ≤ 2240	25	—	—	20	20	20	20	25	25	30	35	—	—	—	—
> 2240 ≤ 3000	35	—	—	—	20	20	20	25	30	30	35	40	—	—	—
> 3000 ≤ 4000	45	—	—	—	20	20	20	25	30	30	35	40	—	—	—
> 4000 ≤ 5000	55	—	—	—	20	20	20	30	30	30	35	40	—	—	—
> 5000 ≤ 6300	70	—	—	—	20	25	35	35	35	40	45	50	—	—	—
> 6300 ≤ 8000	85	—	—	—	20	25	40	40	40	45	50	55	—	—	—
> 8000 ≤ 10000	110	—	—	—	25	25	40	45	45	45	50	55	—	—	—
> 10000 ≤ 12500	135	—	—	—	—	30	40	45	45	50	55	60	—	—	—
> 12500 ≤ 15000	150	—	—	—	—	40	50	55	55	60	65	65	—	—	—
> 15000 ≤ 18000	190	—	—	—	—	40	50	55	55	60	65	65	—	—	—

Figura 35 - Valores das Tolerâncias de Instalação (y) e Tensionamento (x) da correia [7]

O cálculo da velocidade da correia (v) é feito através da fórmula (17) onde d_{dk} representa o diâmetro da polia menor e n_k representa a velocidade angular da polia menor. Por sua vez, a taxa de flexão (f_b) calcula-se segundo a fórmula (18):

$$v = \frac{d_{dk} \times n_k}{19100} \quad (17)$$

$$f_b = \frac{2 \times 1000 \times v}{L_{dSt}} \quad (18)$$

Tal como para a SKF, a OPTIBELT também considera dois fatores de correção, nomeadamente o fator de correção do arco de contacto (C_1) e o fator de correção do comprimento da correia (C_3). O fator de correção do arco de contacto (C_1) é obtido por consulta à tabela apresentada no catálogo do fabricante, ilustrada na Figura 36 [7], tendo por base o coeficiente resultante da divisão entre a diferença dos diâmetros (d_{dk} e d_{dg}) pela distância entre centros (a_{nom}). Para obter o fator de correção do comprimento da correia (C_3), são apresentadas várias tabelas de fatores correspondentes a diferentes secções da correia. Conhecendo a secção da correia pretendida, consulta-se a tabela correspondente e através do comprimento *standard* da correia, obtém-se o valor do fator (C_3). A Figura 37 [7] demonstra, a título de exemplo, parte das tabelas de fatores de correção do comprimento da correia.

$\frac{d_{dg} - d_{dk}}{a_{nom}}$	$\beta \approx$	c_1
0	180°	1.00
0.05	177°	1.00
0.10	174°	1.00
0.15	171°	1.00
0.20	168°	0.99
0.25	165°	0.99
0.30	162°	0.99
0.35	160°	0.99
0.40	156°	0.99
0.45	153°	0.98
0.50	150°	0.98
0.55	147°	0.98
0.60	144°	0.98
0.65	141°	0.97
0.70	139°	0.97
0.75	136°	0.97
0.80	133°	0.96
0.85	130°	0.96
0.90	126°	0.96
0.95	123°	0.95
1.00	119°	0.94
1.05	115°	0.94
1.10	112°	0.93
1.15	109°	0.93
1.20	106°	0.92
1.25	103°	0.91
1.30	100°	0.91
1.35	96°	0.90
1.40	92°	0.88
1.45	88°	0.87
1.50	84°	0.86
1.55	80°	0.84
1.60	77°	0.83

Figura 36 – Tabela dos fatores de correção para o arco de contacto [7]

Profile SPZ, XPZ	
Datum length [mm]	c_3
630	0.83
4250	1.18
4500	1.19

Figura 37 – Tabela (parcial) dos fatores de correção do comprimento da correia [7]

Para obter o número de correias (z) necessário para esta transmissão, é necessário calcular a potência nominal da correia (P_N) cujo valor se obtém através da intersecção entre o diâmetro da polia menor (d_{dk}) e a velocidade angular da polia menor (n_k), nas tabelas disponibilizadas nos catálogos, disponíveis para diferentes secções transversais da correia. Na Figura 38 [7] é parcialmente representada uma dessas tabelas a título de exemplo. Adicionalmente, através da relação da transmissão (i), obtém-se um fator de correção adicional que será acrescentado à potência obtida.

Pulleys	v [m/s]	n_L [min ⁻¹]	Datum diameter of small pulley d_{Δ} [mm]														Additional power [kW] per belt for speed ratio i				
			63	71	80	85	90	95	100	112	125	132	140	150	160	180	200	1.01 to 1.05	1.06 to 1.26	1.27 to 1.57	> 1.57
		700	0.72	0.96	1.22	1.37	1.51	1.66	1.80	2.14	2.50	2.70	2.92	3.19	3.47	4.02	4.56	0.01	0.06	0.09	0.11
		950	0.92	1.24	1.58	1.78	1.97	2.16	2.35	2.80	3.29	3.54	3.84	4.20	4.56	5.28	5.99	0.01	0.09	0.12	0.15
...																					
		8200	3.26	4.87	6.44	7.20	7.86	8.44	8.90	9.61	9.64	Application Engineering Department.					0.12				
		8400	3.23	4.84	6.38	7.13	7.76	8.30	8.74	9.32	9.16						0.12				
																	0.12	0.76	1.08	1.32	
																	0.12	0.78	1.10	1.35	

Figura 38 - Tabela (parcial) da potência nominal e do fator adicional de potência [7]

Através da fórmula (19) é possível obter o número de correias (z), dividindo a potência de projeto (P_b), pela potência nominal (P_N) corrigida pelo fator de correção do arco de contacto (C_1) e pelo fator de correção do comprimento da correia (C_3):

$$z = \frac{P \times C_2}{P_N \times C_1 \times C_3} \quad (19)$$

Novamente o valor do número de correias resultante da fórmula (19) deverá ser arredondado para o valor absoluto imediatamente superior.

3.3. CONTITECH [8]

Tal como casos anteriores, a CONTITECH considera em primeiro lugar as condições de serviço da transmissão. Para a CONTITECH, as condições iniciais de funcionamento são: o tipo de máquina motora e movida; o tempo de funcionamento diário; a potência da transmissão; a velocidade angular das duas polias; a distância aproximada entre centros; e o valor máximo admitido para o diâmetro da polia maior.

O fator de serviço para a transmissão (C_2), obtém-se através da tabela da Figura 39 [8], resultando do cruzamento entre o tipo de máquina e o tempo de funcionamento e o tipo de máquina movida.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

		Types of driving units: Single-phase and three phase AC motors with normal torque (up to 2 x rated torque), e.g. synchronous and single-phase motors with split-phase starting, three-phase AC motors with full-voltage, star-delta or slip-ring starter; DC shunt-wound motors; internal combustion engines and turbines with $n > 600 \text{ min}^{-1}$			Single-phase and three-phase AC motors with high torque (above 2 x rated torque), DC series-wound and compound-wound motors; internal combustion engines and turbines with $n < 600 \text{ min}^{-1}$		
		Daily operating period			Daily operating period		
		10 hours or less	over 10 to 16 hours inclusive	over 16 hours	10 hours or less	over 10 to 16 hours inclusive	over 16 hours
Light-duty	Centrifugal pumps and compressors, light-duty conveyor belts, fans and pumps up to 7.5 kW.	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Medium-duty	Plate shears, presses, heavy-duty chain conveyors and conveyor belts, oscillating screens, generators and existers, automatic kneaders, machine tools (turning and grinding machines), laundry machines, printing machines, fans and pumps over 7.5 kW	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Heavy-duty	Grinding gear, reciprocating piston compressors, heavy-duty overshot loaders and reciprocating conveyors (worm conveyors, apron conveyors, bucket elevators, shovel loaders), elevators, briquetting presses, textile machines, paper-making machines, piston pumps, dredging pumps, reciprocating saws, hammer mills.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra heavy-duty	heavy-duty grinding gear, rock crushers, calendars, mixers, winches, cranes, excavators.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Figura 39 - Padrões para seleção do fator de serviço [8]

A relação da transmissão (i) é calculada, tendo por base a fórmula (1) apresentada no capítulo 2.

Sabendo o máximo para o diâmetro da polia maior (d_{wg}), recorre-se às tabelas de potências disponibilizadas nos catálogos, de onde se retira o diâmetro *standard* inferior ao máximo estipulado. O valor do diâmetro da polia menor (d_{wk}), pode então calcular-se segundo a fórmula (20):

$$d_{wk} = \frac{d_{wg}}{i} \quad (20)$$

Para a seleção da secção transversal da correia, é selecionado um dos diagramas ilustrados nas Figuras 40, 41, 42, 43 e 44 [8]. No diagrama seleciona-se no eixo das ordenadas o valor da velocidade angular da polia menor (n_k) pretendido (cedido nas condições de serviço) e de seguida procura-se o ponto de intersecção com a reta correspondente ao valor do diâmetro menor (d_{dk}) calculado anteriormente, obtendo-se assim a secção transversal desejada. No eixo das abcissas é apresentada a potência da correia, cujo valor pode ser estimado através do mesmo diagrama, cruzando a reta do diâmetro menor com o eixo das abcissas. Este valor estimado será confirmado posteriormente, quando for determinada a potência da correia.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

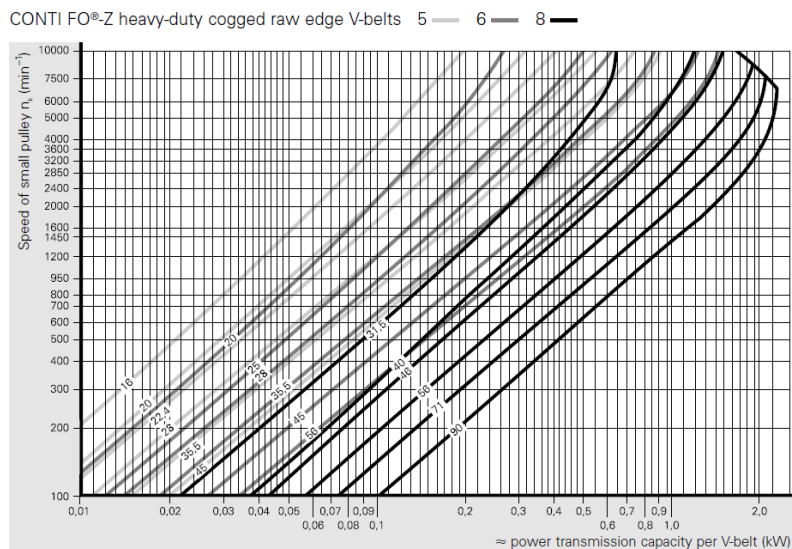


Figura 40 – Diagrama para correias CONTI FO-Z

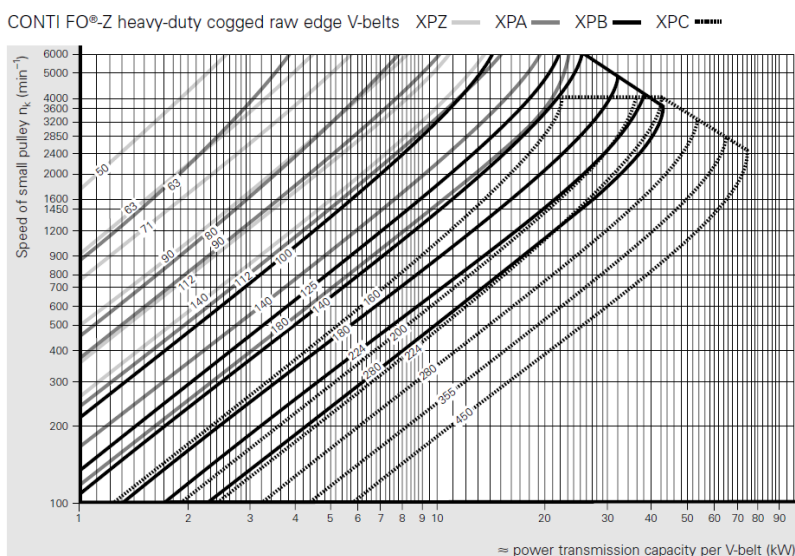


Figura 41 – Diagrama para correias CONTI FO-Z

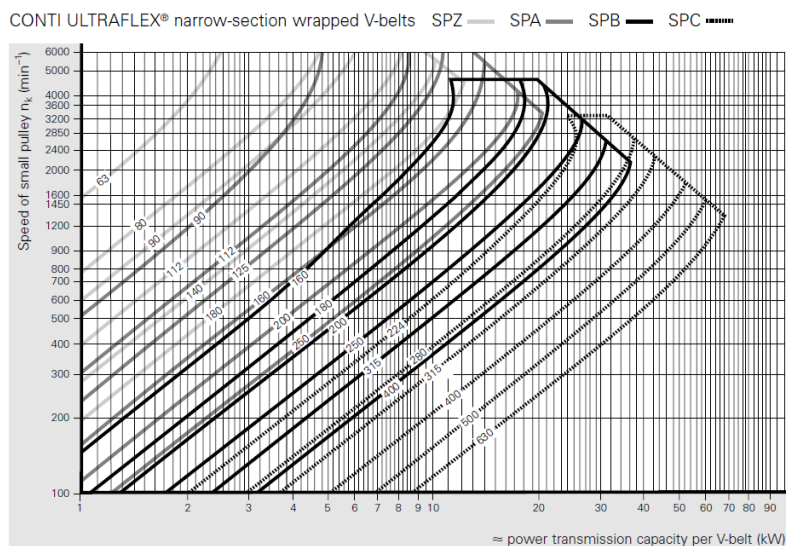


Figura 42 – Diagrama para correias CONTI ULTRAFLEX

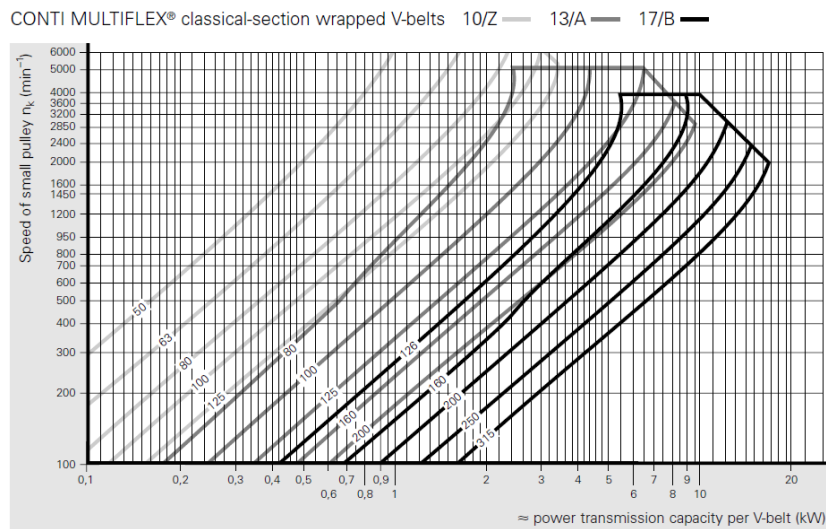


Figura 43 – Diagrama para correias CONTI MULTIFLEX

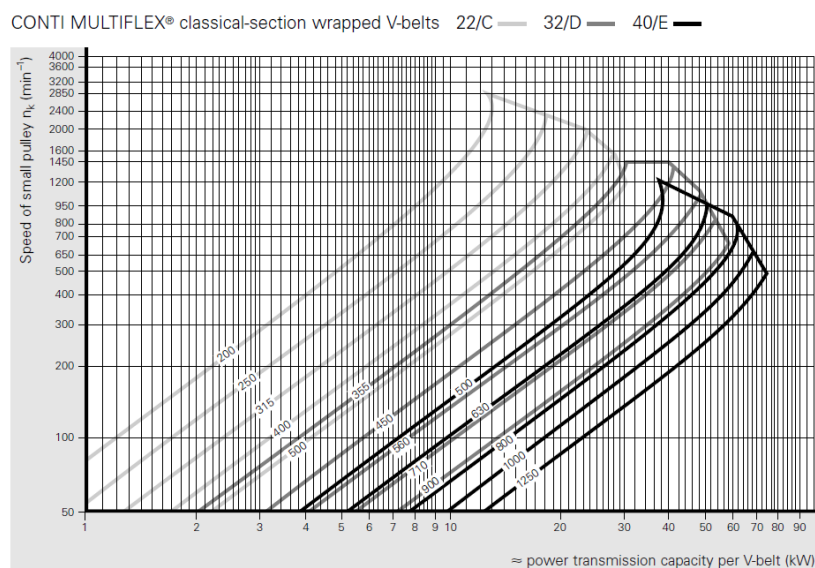


Figura 44 – Diagrama para correias CONTI MULTIFLEX

A distância entre centros estimada (a_{est}), tem por base os diâmetros das polias e deve estar compreendida num intervalo de valores como evidenciado na fórmula (21):

$$0,7 \times (d_{wg} + d_{wk}) \leq a_{est} \leq 2 \times (d_{wg} + d_{wk}) \quad (21)$$

Obtendo a estimativa para a distância entre centros (a_{est}), calcula-se de seguida um valor teórico para o comprimento da correia (L_w), da seguinte forma:

$$L_W = 2 \times a_{est} + \frac{\pi}{2} \times (d_{wg} + d_{wk}) + \frac{(d_{wg} - d_{wk})^2}{4 \times a_{est}} \quad (22)$$

Conhecendo o valor teórico L_w para o comprimento da correia, pode obter-se o valor exato para o comprimento da correia (L_{St}), procurando o valor mais próximo do L_w na tabela de comprimentos apresentada no catálogo do fabricante (a título de exemplo é apresentada uma

tabela parcial de comprimentos na Figura 82 [8]), onde constam as medidas *standard* para as correias.

Section 5/-

Inside length L_i (mm)	Datum length L_d (mm)
160	171
185*	196*
...	
554*	565*
560*	571*
600	611

Figura 45 - Tabela (parcial) de comprimentos *standard* para a secção 5 [8]

Para obter a distância entre centros (a), procede-se à correção da distância entre centros estimada (a_{est}), através da fórmula (23):

$$a \approx \frac{1}{4} \times \left(L_w - \frac{d_{wg} + d_{wk}}{2} \times \pi \right) + \frac{1}{4} \times \sqrt{\left(L_w - \frac{d_{wg} + d_{wk}}{2} \times \pi \right)^2 - 2 \times (d_{wg} - d_{wk})^2} \quad (23)$$

O arco de contacto em redor da polia menor (β), é determinado da seguinte forma:

$$\beta = 2 \times \cos^{-1} \left(\frac{d_{wg} - d_{wk}}{2 \times a} \right) \quad (24)$$

As distâncias mínimas permitidas para ajustar a distância entre centros (a) são denominadas por tolerância para instalação (y) e tolerância de tensionamento (x). Estas distâncias são calculadas segundo as fórmulas (25) e (26) respetivamente:

$$x = \frac{0,01 \times L_w}{\sin\left(\frac{\beta}{2}\right)} \quad (25)$$

$$y = \frac{0,05 \times L_w + \pi \times h \times \frac{\beta}{360}}{\sin\left(\frac{\beta}{2}\right)} \quad (26)$$

Na fórmula 26, o fator h obtém-se através de tabelas cedidas pelo fabricante, que variam em função do tipo de secção transversal pretendido. A Figura 46 [8], ilustra a título de exemplo, uma tabela parcial do fator h .

Belt section	DIN symbol B.S./ISO symbol	8
Top belt width b_o	mm	8
Pitch width b_w	mm	6.7
Bottom belt width b_u	mm	4.6
Height of belt h	mm	5
Pitch height h_w	mm	2.0
Min. pulley pitch diameter $d_{w \min}$	mm	35.5
Max. flexing frequency $f_{B \max}$	s ⁻¹	60
Max. belt speed v_{\max}	m/s	30
Weight per metre	kg/m	0.040
Range of pitch length L_w		
from	mm	549
to	mm	1269
Length differential value from L_w		
$\Delta L = L_w - L_i$	mm	19

Figura 46 - Tabela (parcial) para o fator h correspondente à secção 8 [8]

A velocidade da correia (v) e a taxa de flexão (f_b), dependem do diâmetro (d_{wk}) e velocidade angular (n) da polia menor, do comprimento da correia (L_{st}) e do número de polias (k), e são determinadas conforme indicado nas fórmulas (27) e (28) respetivamente:

$$v = \frac{\pi \times d_{wk} \times n}{60 \times 10^3} \quad (27)$$

$$f_b = \frac{10^3 \times v \times k}{L_{st}} \quad (28)$$

Tal como para os fabricantes anteriores, existem dois fatores de correção. O fator de correção do arco de contacto (C_1), obtém-se recorrendo à tabela cedida pelo fabricante apresentada na Figura 47 [8], procurando o valor correspondente ao coeficiente resultante da divisão entre a diferença dos diâmetros ($d_{wg} - d_{wk}$) pela distância entre centros (a), ou ao valor do arco de contacto calculado anteriormente (β).

$\frac{d_{wg} - d_{wk}}{a}$	Arc of contact β ° (degrees)	Arc of contact factor c_1
0	180	1.00
0.05	177	0.99
0.10	174	0.99
0.15	171	0.98
0.20	169	0.97
0.25	166	0.97
0.30	163	0.96
0.35	160	0.95
0.40	157	0.94
0.45	154	0.94
0.50	151	0.93
0.55	148	0.92
0.60	145	0.91
0.65	142	0.90
0.70	139	0.89
0.75	136	0.88
0.80	133	0.87
0.85	130	0.86
0.90	127	0.85
0.95	123	0.83
1.00	120	0.82
1.05	117	0.81
1.10	113	0.80
1.15	110	0.78
1.20	106	0.77
1.25	103	0.75
1.30	99	0.73
1.35	95	0.72
1.40	91	0.70
1.45	87	0.68

Figura 47 - Fator de correção do arco de contacto [8]

O fator de correção do comprimento da correia (C_3), obtém-se por consulta à tabela correspondente à secção da correia pretendida, cedida pelo fabricante, e tendo como referência o valor do comprimento da correia (L_{st}). Na Figura 48 [8] é apresentada uma tabela com os valores deste fator para uma determinada secção.

L_w	mm	171	191	211	231	251	311	326	333	346	351	363	386	411	436	461	541	571	611
c_1		0.87	0.90	0.92	0.98	0.99	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03	1.05	1.06	1.07	1.09	1.12	1.13	1.15

Figura 48 - Tabela dos fatores de correção do comprimento da correia (C_3) para uma determinada secção [8]

Para a potência da correia (P_r), também são disponibilizadas pelo fabricante tabelas correspondentes a diferentes secções da correia, de onde se pode obter o valor da potência através da intersecção entre o valor do diâmetro da polia menor (d_{dk}) e o valor da relação da transmissão (i) e o valor da velocidade angular da polia menor (n_k). Na Figura 49 [8] é ilustrada uma representação parcial de uma dessas tabelas.

d _{wk} (mm)	i or 1:i	Speed of small pulley n _k (min ⁻¹)																	
		200	400	700	800	950	1200	1450	1600	2000	2400	2850	3200	3600	4500	6000	8000	10000	12000
16.0	1.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.17	0.18
	1.05	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19
	1.20	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.14	0.17	0.19	0.21
	1.50	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.20	0.22
	3.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.12	0.15	0.19	0.21	0.24
...																			
45.0	1.00	0.04	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.28	0.33	0.38	0.41	0.46	0.54	0.67	0.79	0.85	0.88
	1.05	0.04	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42	0.46	0.55	0.68	0.80	0.86	0.88
	1.20	0.04	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42	0.47	0.55	0.69	0.81	0.88	0.88
	1.50	0.04	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.22	0.24	0.29	0.34	0.39	0.43	0.47	0.56	0.69	0.82	0.89	0.88
	3.00	0.04	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.22	0.24	0.29	0.34	0.39	0.43	0.47	0.57	0.70	0.83	0.90	0.89

Figura 49 - Tabela (parcial) para a potência da correia de uma determinação secção [8]

O número de correias (z), pode calcular-se pela fórmula (29):

$$z = \frac{P \times C_2}{P_r \times C_1 \times C_3} \quad (29)$$

Para terminar, a CONTITECH procede à confirmação do fator de serviço (C_{2er}). Esta confirmação baseia-se na fórmula (30) e traduz-se num procedimento de segurança que tem como objetivo certificar que a correia selecionada respeita o tipo de máquina motora e movida.

$$C_{2er} = z \times \frac{P_r \times C_1 \times C_3}{P} \quad (30)$$

3.4. GATES [9]

Também a GATES inicia o processo de seleção da correia, da mesma forma que os outros fabricantes, ou seja, pelas condições de serviço: tipo de máquina motora e movida, tempo de funcionamento diário; potência da transmissão; a velocidade angular das duas polias; a distância entre centros; e um limite máximo para o diâmetro da polia maior.

Ao contrário dos outros casos, este fabricante atribuí maior relevância ao tempo de vida útil da correia, o qual depende do uso e da função que a própria correia terá. Para escolher o tempo de vida útil da correia existem alguns fatores a ter em conta, nomeadamente a probabilidade de um uso mais severo da correia dependendo da aplicação que vai ter ou a área geográfica, o período de garantia da máquina e o custo do tempo de paragem da máquina para substituir a correia.

O fator de serviço da transmissão (C_2), pode determinar-se sabendo o tipo de máquina motora e movida e o tempo de funcionamento diário da máquina, através de uma tabela de fatores de serviço apresentada no catálogo do fabricante (Figura 50 [9]).

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

<p>The machines listed below are representative examples only. Select the group of which the load characteristics most closely approximate those of the machine being considered.</p>	<p>AC Motors: Normal torque, squirrel cage, synchronous.</p> <p>DC Motors: Shunt wound.</p> <p>Engines: Multiple cylinder internal, combustion.</p>			<p>AC Motors: High torque, single phase, slip ring.</p> <p>DC Motors: Series wound, compound wound.</p> <p>Engines: Single cylinder internal combustion.</p> <p>Line shafts - clutches</p>		
	Intermittent service Up to 8 hrs daily or seasonal	Normal service 8-16 hrs daily	Continuous service >16 hrs daily	Intermittent service Up to 8 hrs daily or seasonal	Normal service 8-16 hrs daily	Continuous service >16 hrs daily
Agitators for liquids Blowers & exhausters Centrifugal pumps & compressors Fans up to 7.5 kW Light-duty conveyors	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Conveyor belts for sand, grain, etc. Dough mixers Fans over 7.5 kW Generators Line shafts Laundry machinery Machine tools Punches-presses-shears Printing machinery Positive displacement rotary pumps Revolving and vibrating screens	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Brick machinery Bucket elevators Exciters Piston compressors Conveyors (drag-pan-screw) Hammer mills Paper mill beaters Piston pumps Positive displacement blowers Pulverizers Saw mill and woodworking machinery Textile machinery	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Crushers (gyratory-jaw-roll) Mills (ball-rod-tube) Hoists Rubber calenders-extruders-mills	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Figura 50 - Fatores de serviço [9]

Multiplcado o fator de serviço (C_2) obtido, pela potência da transmissão (P) assumida nas condições de serviço, obtém-se o valor da potência de projeto (P_d).

$$P_d = P \times C_2 \quad (31)$$

Com o valor da potência de projeto (P_d) e com a velocidade angular da polia menor é possível determinar qual a secção transversal da correia a usar, através da análise dos diagramas de secções transversais disponibilizados no catálogo do fabricante, os quais são apresentados nas Figuras 51, 52, 53 e 54 [9]. No eixo das abcissas está representada a potência de projeto, e no eixo das ordenadas a velocidade angular da polia de menor diâmetro. Intersectando os dois valores, obtém-se a secção transversal pretendida para a transmissão em estudo.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

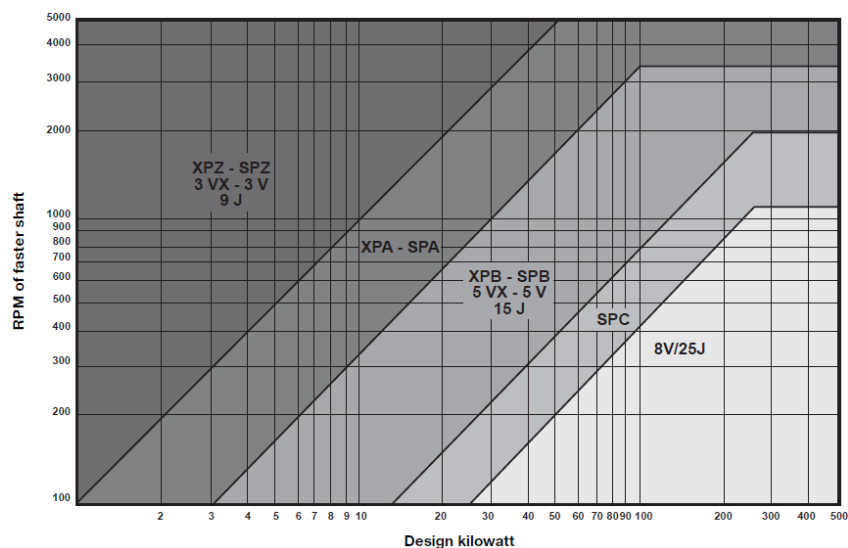


Figura 51 – Diagrama para secções transversais de Correias em V [9]

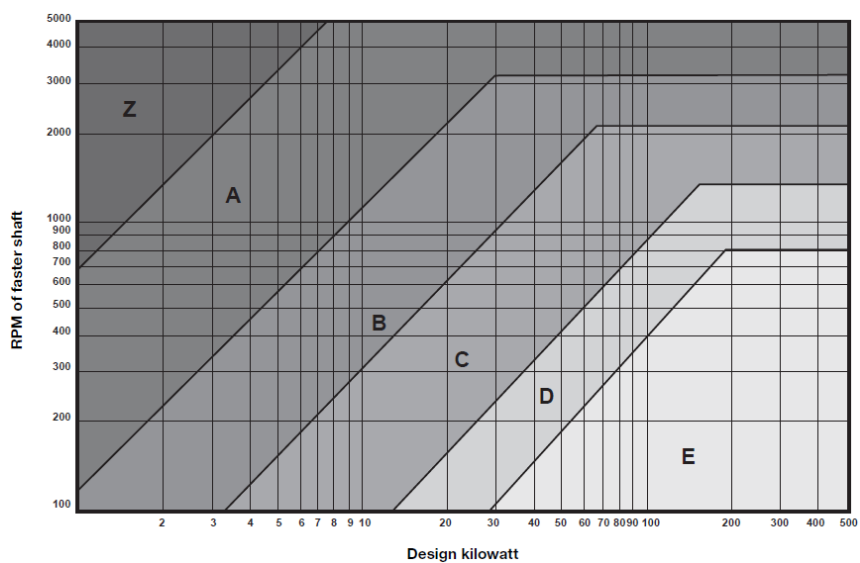


Figura 52 – Diagrama para secções transversais de Correias em V [9]

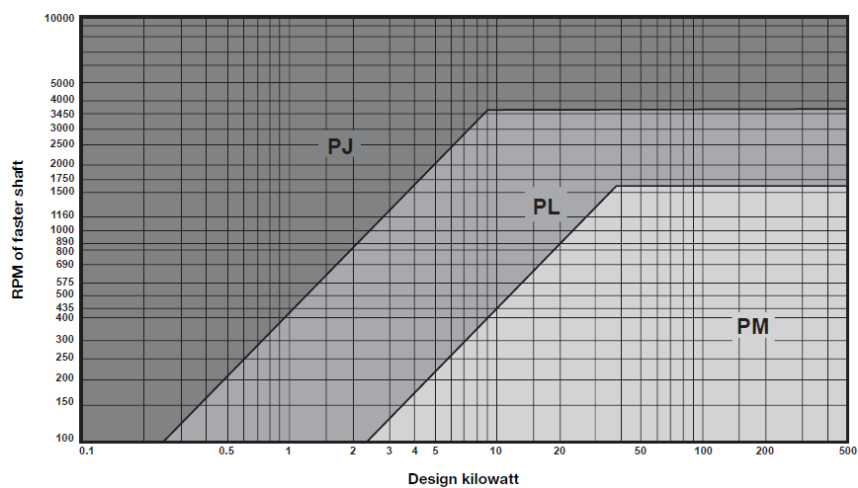


Figura 53 – Diagrama para secções transversais de Correias em V Micro [9]

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

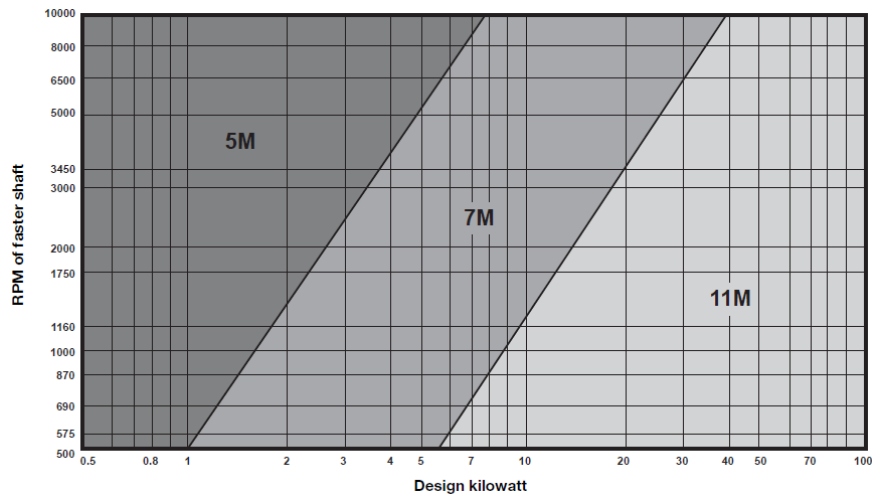


Figura 54 – Diagrama para secções transversais de Correias Polyflex JB [9]

Num mesmo diagrama, existem várias possibilidades de secções transversais sendo as principais diferenças entre cada uma a altura e a largura de cada secção obtida. Por sua vez, entre os vários diagramas existentes, assumindo que a potência e a velocidade se mantêm constantes, a grande diferença entre as secções transversais obtidas são fundamentalmente as suas componentes químicas e o processo de fabrico.

O cálculo da relação da transmissão (i), tem por base a fórmula (1) apresentada no capítulo 2.

Tendo em conta que uma das condições de serviço estabelecidas inicialmente diz respeito a um valor máximo para o diâmetro da polia maior, é então possível obter os valores das polias através de tabelas de diâmetros *standard* (Figuras 55 e 56) [9] divulgadas no catálogo do fabricante. Com o valor máximo do diâmetro da polia maior, deve verificar-se nas tabelas se existe um valor inferior próximo do máximo estabelecido, para a secção transversal pretendida. Caso exista assume-se o valor tabelado, caso não exista será necessário optar por uma secção transversal diferente.

Section	20	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	45	48	50	53	56	60	63	67	71	75	80	85	90	95	100	106	112	118
PJ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X		X	
PL																						X	X		X		X		X
PM																													
SPZ / 3V																M	M	M	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SPA																							M	M	M	M	X	X	X
SPB / 5V																													M
SPC																													
8V / 25J																													
8VK																													
XPZ / 3VX																	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
XPA																							X	X	X	X	X	X	X
XPB / 5VX																													X
XPC																													
Z																	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A																								X	X	X	X	X	X
B																													X
C																													
D																													
5M			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X			
7M											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11M																				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 55 - Diâmetros Standards para Polias [9]

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

125	132	140	150	160	170	180	190	200	212	224	236	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	Section
X		X		X																									PJ
X	X	X		X																									PL
						X		X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	PM
X	X	X	X	X		X		X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						SPZ / 3V
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X				SPA
M	M	M	M	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		SPB/ 5V
						M	M	M	M	M	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	SPC
															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	8V / 25J
																		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	8VK
X	X	X	X	X		X		X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							XPZ / 3VX
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X				XPA
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	XPB / 5VX
						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	XPC
X	X	X	X	X		X		X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X								Z
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X					A
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B
						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	C
														X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	D
X				X				X				X	X	X	X	X													5M
X			X					X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	7M
X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	11M

Figura 56 - Diâmetros Standards para Polias (Continuação) [9]

Tendo obtido o valor do diâmetro maior e sabendo a relação da transmissão (i) calculada anteriormente, pode obter-se o valor do diâmetro em falta, através da consulta a tabelas de relações da transmissão para conjuntos de polias, apresentadas no catálogo do fabricante (Figura 57 e 58) [9].

Pulley Ø mm	20	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	45	48	50	53	56	60	63	67	71	75	80	85	90	95	100	106	112	118
20	1.00	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10	2.25	2.40	2.50	2.65	2.80	3.00	3.15	3.35	3.55	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.30	5.60	5.90
24		1.00	1.08	1.17	1.25	1.33	1.42	1.50	1.58	1.67	1.75	1.88	2.00	2.08	2.21	2.33	2.50	2.63	2.79	2.96	3.13	3.33	3.54	3.75	3.96	4.17	4.42	4.67	4.92
26			1.00	1.08	1.15	1.23	1.31	1.38	1.46	1.54	1.62	1.73	1.85	1.92	2.04	2.15	2.31	2.42	2.58	2.73	2.88	3.08	3.27	3.46	3.65	3.85	4.08	4.31	4.54
28				1.00	1.07	1.14	1.21	1.29	1.36	1.43	1.50	1.61	1.71	1.79	1.89	2.00	2.14	2.25	2.39	2.54	2.68	2.86	3.04	3.21	3.39	3.57	3.79	4.00	4.21
30					1.00	1.07	1.13	1.20	1.27	1.33	1.40	1.50	1.60	1.67	1.77	1.87	2.00	2.10	2.23	2.37	2.50	2.67	2.83	3.00	3.17	3.33	3.53	3.73	3.93
32						1.00	1.06	1.13	1.19	1.25	1.31	1.41	1.50	1.56	1.66	1.75	1.88	1.97	2.09	2.22	2.34	2.50	2.66	2.81	2.97	3.13	3.31	3.50	3.69
34							1.00	1.06	1.12	1.18	1.24	1.32	1.41	1.47	1.56	1.65	1.76	1.85	1.97	2.09	2.21	2.35	2.50	2.65	2.79	2.94	3.12	3.29	3.47
36								1.00	1.06	1.11	1.17	1.25	1.33	1.39	1.47	1.56	1.67	1.75	1.86	1.97	2.08	2.22	2.36	2.50	2.64	2.78	2.94	3.11	3.28
38									1.00	1.05	1.11	1.18	1.26	1.32	1.39	1.47	1.58	1.66	1.76	1.87	1.97	2.11	2.24	2.37	2.50	2.63	2.79	2.95	3.11
40										1.00	1.05	1.13	1.20	1.25	1.33	1.40	1.50	1.58	1.68	1.78	1.88	2.00	2.13	2.25	2.38	2.50	2.65	2.80	2.95
42											1.00	1.07	1.14	1.19	1.26	1.33	1.43	1.50	1.60	1.69	1.79	1.90	2.02	2.14	2.26	2.38	2.52	2.67	2.81
45												1.00	1.07	1.11	1.18	1.24	1.33	1.40	1.49	1.58	1.67	1.78	1.89	2.00	2.11	2.22	2.36	2.49	2.62
48													1.00	1.04	1.10	1.17	1.25	1.31	1.40	1.48	1.56	1.67	1.77	1.88	1.98	2.08	2.21	2.33	2.46
50														1.00	1.06	1.12	1.20	1.26	1.34	1.42	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.12	2.24	2.36
53															1.00	1.06	1.13	1.19	1.26	1.34	1.42	1.51	1.60	1.70	1.79	1.89	2.00	2.11	2.23
56																1.00	1.07	1.13	1.20	1.27	1.34	1.43	1.52	1.61	1.70	1.79	1.89	2.00	2.11
60																	1.00	1.05	1.12	1.18	1.25	1.33	1.42	1.50	1.58	1.67	1.77	1.87	1.97
63																		1.00	1.06	1.13	1.19	1.27	1.35	1.43	1.51	1.59	1.68	1.78	1.87
67																			1.00	1.06	1.12	1.19	1.27	1.34	1.42	1.49	1.58	1.67	1.76
71																				1.00	1.06	1.13	1.20	1.27	1.34	1.41	1.49	1.58	1.66
75																					1.00	1.07	1.13	1.20	1.27	1.33	1.41	1.49	1.57
80																						1.00	1.06	1.13	1.19	1.25	1.33	1.40	1.48
85																							1.00	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.39
90																								1.00	1.06	1.11	1.18	1.24	1.31
95																									1.00	1.05	1.12	1.18	1.24
100																										1.00	1.06	1.12	1.18
106																											1.00	1.06	1.11
112																												1.00	1.05
118																													1.00

Figura 57 – Relações de transmissão para vários conjuntos de polias [9]

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

125	132	140	150	160	170	180	190	200	212	224	236	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	Pulley Ø mm
6,25	6,60	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,60	11,20	11,80	12,50	14,00	15,75	17,75	20,00	22,50	25,00	28,00										20
5,21	5,50	5,83	6,25	6,67	7,08	7,50	7,92	8,33	8,83	9,33	9,83	10,42	11,67	13,13	14,79	16,67	18,75	20,83	23,33	26,25	29,58								24
4,81	5,08	5,38	5,77	6,15	6,54	6,92	7,31	7,69	8,15	8,62	9,08	9,62	10,77	12,12	13,65	15,38	17,31	19,23	21,54	24,23	27,31								26
4,46	4,71	5,00	5,36	5,71	6,07	6,43	6,79	7,14	7,57	8,00	8,43	8,93	10,00	11,25	12,68	14,29	16,07	17,86	20,00	22,50	25,36	28,57							28
4,17	4,40	4,67	5,00	5,33	5,67	6,00	6,33	6,67	7,07	7,47	7,87	8,33	9,33	10,50	11,83	13,33	15,00	16,67	18,67	21,00	23,67	26,67							30
3,91	4,13	4,38	4,69	5,00	5,31	5,63	5,94	6,25	6,63	7,00	7,38	7,81	8,75	9,84	11,09	12,50	14,06	15,63	17,50	19,69	22,19	25,00	28,13						32
3,68	3,88	4,12	4,41	4,71	5,00	5,29	5,59	5,88	6,24	6,59	6,94	7,35	8,24	9,26	10,44	11,76	13,24	14,71	16,47	18,53	20,88	23,53	26,47	29,41					34
3,47	3,67	3,89	4,17	4,44	4,72	5,00	5,28	5,56	5,89	6,22	6,56	6,94	7,78	8,75	9,86	11,11	12,50	13,89	15,56	17,50	19,72	22,22	25,00	27,78					36
3,29	3,47	3,66	3,95	4,21	4,47	4,74	5,00	5,26	5,58	5,89	6,21	6,58	7,37	8,29	9,34	10,53	11,84	13,16	14,74	16,58	18,68	21,05	23,66	26,32	29,47				38
3,13	3,30	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,30	5,60	5,90	6,25	7,00	7,88	8,88	10,00	11,25	12,50	14,00	15,75	17,75	20,00	22,50	25,00	28,00				40
2,96	3,14	3,33	3,57	3,81	4,05	4,29	4,52	4,76	5,05	5,33	5,62	5,95	6,67	7,50	8,45	9,52	10,71	11,90	13,33	15,00	16,90	19,05	21,43	23,81	26,67	29,76			42
2,78	2,93	3,11	3,33	3,56	3,78	4,00	4,22	4,44	4,71	4,98	5,24	5,56	6,22	7,00	7,89	8,89	10,00	11,11	12,44	14,00	15,78	17,78	20,00	22,22	24,89	27,78			44
2,60	2,75	2,92	3,13	3,33	3,54	3,75	3,96	4,17	4,42	4,67	4,92	5,21	5,83	6,56	7,40	8,33	9,38	10,42	11,67	13,13	14,79	16,67	18,75	20,83	23,33	26,04	29,17		46
2,50	2,64	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,24	4,48	4,72	5,00	5,60	6,30	7,10	8,00	9,00	10,00	11,20	12,60	14,20	16,00	18,00	20,00	22,40	25,00	28,00		50
2,36	2,49	2,64	2,83	3,02	3,21	3,40	3,58	3,77	4,00	4,23	4,45	4,72	5,28	5,94	6,70	7,55	8,49	9,43	10,57	11,89	13,40	15,09	16,96	18,87	21,13	23,58	26,42		53
2,23	2,36	2,50	2,68	2,86	3,04	3,21	3,39	3,57	3,79	4,00	4,21	4,46	5,00	5,63	6,34	7,14	8,04	8,93	10,00	11,25	12,68	14,29	16,07	17,86	20,00	22,32	25,00	28,57	56
2,06	2,20	2,33	2,50	2,67	2,83	3,00	3,17	3,33	3,53	3,73	3,93	4,17	4,67	5,25	5,92	6,67	7,50	8,33	9,33	10,50	11,83	13,33	15,00	16,67	18,67	20,83	23,33	26,67	60
1,96	2,10	2,22	2,38	2,54	2,70	2,86	3,02	3,17	3,37	3,56	3,75	3,97	4,44	5,00	5,63	6,35	7,14	7,94	8,89	10,00	11,27	12,70	14,29	15,87	17,78	19,84	22,22	25,40	63
1,87	1,97	2,09	2,24	2,39	2,54	2,69	2,84	2,99	3,16	3,34	3,52	3,73	4,18	4,70	5,30	5,97	6,72	7,46	8,36	9,40	10,60	11,94	13,43	14,93	16,72	18,66	20,90	23,88	67
1,76	1,86	1,97	2,11	2,25	2,39	2,54	2,68	2,82	2,99	3,15	3,32	3,52	3,94	4,44	5,00	5,63	6,34	7,04	7,89	8,87	10,00	11,27	12,68	14,08	15,77	17,61	19,72	22,54	71
1,67	1,76	1,87	2,00	2,13	2,27	2,40	2,53	2,67	2,83	2,99	3,15	3,33	3,73	4,20	4,73	5,33	6,00	6,67	7,47	8,40	9,47	10,67	12,00	13,33	14,93	16,67	18,67	21,33	75
1,56	1,65	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	2,65	2,80	2,95	3,13	3,50	3,94	4,44	5,00	5,63	6,25	7,00	7,88	8,88	10,00	11,25	12,50	14,00	15,63	17,50	20,00	80
1,47	1,55	1,65	1,76	1,88	2,00	2,12	2,24	2,35	2,49	2,64	2,78	2,94	3,29	3,71	4,18	4,71	5,29	5,88	6,59	7,41	8,35	9,41	10,59	11,76	13,18	14,71	16,47	18,82	85
1,39	1,47	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,22	2,36	2,49	2,62	2,78	3,11	3,50	3,94	4,44	5,00	5,56	6,22	7,00	7,89	8,89	10,00	11,11	12,44	13,89	15,56	17,78	90
1,32	1,39	1,47	1,58	1,68	1,79	1,89	2,00	2,11	2,23	2,36	2,48	2,63	2,95	3,32	3,74	4,21	4,74	5,26	5,89	6,63	7,47	8,42	9,47	10,53	11,79	13,16	14,74	16,84	95
1,25	1,32	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,12	2,24	2,36	2,50	2,80	3,15	3,55	4,00	4,50	5,00	5,60	6,30	7,10	8,00	9,00	10,00	11,20	12,50	14,00	16,00	100
1,18	1,25	1,32	1,42	1,51	1,60	1,70	1,79	1,89	2,00	2,11	2,23	2,36	2,64	2,97	3,35	3,77	4,25	4,72	5,28	5,94	6,70	7,55	8,49	9,43	10,57	11,79	13,21	15,09	106
1,12	1,18	1,25	1,34	1,43	1,52	1,61	1,70	1,79	1,89	2,00	2,11	2,23	2,50	2,81	3,17	3,57	4,02	4,48	5,00	5,63	6,34	7,14	8,04	8,93	10,00	11,16	12,50	14,29	112
1,06	1,12	1,19	1,27	1,36	1,44	1,53	1,61	1,69	1,80	1,90	2,00	2,12	2,37	2,67	3,01	3,39	3,81	4,24	4,75	5,34	6,02	6,78	7,63	8,47	9,49	10,59	11,86	13,56	118
1,00	1,06	1,12	1,20	1,28	1,36	1,44	1,52	1,60	1,70	1,79	1,89	2,00	2,24	2,52	2,84	3,20	3,60	4,00	4,48	5,04	5,68	6,40	7,20	8,00	8,96	10,00	11,20	12,8	125
1,00	1,06	1,14	1,21	1,29	1,36	1,44	1,52	1,61	1,70	1,79	1,89	2,12	2,39	2,69	3,03	3,41	3,79	4,24	4,77	5,38	6,06	6,82	7,58	8,48	9,47	10,61	12,12	132	
1,00	1,07	1,14	1,21	1,29	1,36	1,43	1,51	1,60	1,69	1,79	2,00	2,25	2,54	2,86	3,21	3,57	4,00	4,50	5,07	5,71	6,43	7,14	8,00	8,93	10,00	11,43	140		
1,00	1,07	1,13	1,20	1,27	1,33	1,41	1,49	1,57	1,67	1,87	2,10	2,37	2,67	3,00	3,33	3,73	4,20	4,73	5,33	6,00	6,67	7,47	8,33	9,33	10,67	150			
1,00	1,06	1,13	1,19	1,25	1,33	1,40	1,48	1,56	1,75	1,97	2,22	2,50	2,81	3,13	3,50	3,94	4,44	5,00	5,63	6,25	7,00	7,81	8,75	10,00	160				
1,00	1,06	1,12	1,18	1,25	1,32	1,39	1,47	1,65	1,85	2,09	2,35	2,65	2,94	3,29	3,71	4,18	4,71	5,29	5,88	6,59	7,35	8,24	9,41	170					
1,00	1,06	1,11	1,18	1,24	1,31	1,39	1,56	1,75	1,97	2,22	2,50	2,78	3,11	3,50	3,94	4,44	5,00	5,56	6,22	6,94	7,78	8,89	180						
1,00	1,05	1,12	1,18	1,24	1,32	1,47	1,66	1,87	2,11	2,37	2,63	2,95	3,32	3,74	4,21	4,74	5,26	5,89	6,58	7,37	8,42	190							
1,00	1,06	1,12	1,18	1,25	1,40	1,58	1,78	2,00	2,25	2,50	2,80	3,15	3,55	4,00	4,50	5,00	5,60	6,25	7,00	8,00	200								
1,00	1,06	1,11	1,18	1,32	1,49	1,67	1,89	2,12	2,36	2,64	2,97	3,35	3,77	4,25	4,72	5,28	5,90	6,60	7,55	212									
1,00	1,05	1,12	1,25	1,41	1,58	1,79	2,01	2,23	2,50	2,81	3,17	3,57	4,02	4,46	5,00	5,58	6,25	7,14	224										
1,00	1,06	1,19	1,33	1,50	1,69	1,91	2,12	2,37	2,67	3,01	3,39	3,81	4,24	4,75	5,30	5,93	6,78	236											
1,00	1,12	1,26	1,42	1,60	1,80	2,00	2,24	2,52	2,84	3,20	3,60	4,00	4,48	5,00	5,60	6,40	250												
1,00	1,13	1,27	1,43	1,61	1,79	2,00	2,25	2,54	2,86	3,21	3,57	4,00	4,46	5,00	5,71	260													
1,00	1,13	1,27	1,43	1,59	1,78	2,00	2,25	2,54	2,86	3,17	3,56	3,97	4,44	5,08	315														
1,00	1,13	1,27	1,41	1,58	1,77	2,00	2,25	2,54	2,82	3,15	3,52	3,94	4,51	355															
1,00	1,13	1,25	1,40	1,58	1,78	2,00	2,25	2,50	2,80	3,13	3,50	4,00	400																
1,00	1,11	1,24	1,40	1,58	1,78	2,00	2,22	2,49	2,78	3,11	3,56	400																	
1,00	1,12	1,26	1,42	1,60	1,80	2,00	2,24	2,50	2,80	3,13	3,50	400																	
1,00	1,13	1,27	1,43	1,61	1,79	2,00	2,23	2,50	2,86	560																			
1,00	1,13	1,27	1,43	1,59	1,78	1,96	2,22	2,54	630																				
1,00	1,13	1,27	1,41	1,58	1,76	1,97	2,25	710																					
1,00	1,13	1,25	1,40	1,56	1,75	2,00	800																						
1,00	1,11	1,24	1,39	1,56	1,78	900																							
1,00	1,12	1,25	1,40	1,60	1000																								
1,00	1,12																												

Através do valor teórico do comprimento da correia (TBL), é possível obter o valor *standard* do comprimento da correia (L), por consulta a tabelas de comprimentos *standard* divulgadas no catálogo do fabricante. Existem várias tabelas de comprimentos para os vários tipos de secções transversais. Tendo em conta que já é conhecido o tipo de secção transversal pretendido, obtém-se o valor de L escolhendo na tabela o valor mais próximo ao teórico (TBL). A Figura 59 [9] ilustra uma tabela de comprimentos *standard*, a título de exemplo.

C		22 mm	
ISO belt ref.	Datum length mm ISO	ISO belt ref.	Datum length mm ISO
C-42	1145	C-130	3375
...			
C-92	2410	C-300	7640
C-93	2435	C-330	8405

Figura 59 - Tabela (parcial) de comprimentos *standard* e respectivas referências para a secção C [9]

Com o valor *standard* do comprimento da correia (L) pode calcular-se a distância entre centros (a), através da fórmula (35):

$$a = \frac{L - 1,57 \times (D + d) - h \times (D - d)}{2} \quad (35)$$

O valor de h obtém-se através da tabela apresentada na Figura 60 [9], por correspondência com o coeficiente resultante da divisão da diferença dos diâmetros pelo valor de F calculado segundo a fórmula (36):

$$F = L_{St} - \frac{\pi}{2} \times (d_{wg} + d_{wk}) \quad (36)$$

$\frac{D-d}{F}$	Factor h	$\frac{D-d}{F}$	Factor h	$\frac{D-d}{F}$	Factor h
0.00	0.00	0.21	0.11	0.40	0.22
0.02	0.01	0.23	0.12	0.41	0.23
0.04	0.02	0.25	0.13	0.43	0.24
0.06	0.03	0.27	0.14	0.44	0.25
0.08	0.04	0.29	0.15	0.46	0.26
0.10	0.05	0.30	0.16	0.47	0.27
0.12	0.06	0.32	0.17	0.48	0.28
0.14	0.07	0.34	0.18	0.50	0.29
0.16	0.08	0.35	0.19	0.51	0.30
0.18	0.09	0.37	0.20		
0.20	0.10	0.39	0.21		

Figura 60 - Valores do fator h [9]

Segundo este fabricante, existe a possibilidade de obter o valor do comprimento da correia (L) e da distância entre centros (a) através de outro método. O próprio fabricante assume que este método não é tão fiável como o descrito anteriormente, pelo que não se considera que este seja a opção mais correta para obter os valores em questão. Ainda assim, considera-se oportuno dar conhecimento deste método alternativo.

Partindo da distância estimada entre centros (TCD), e do valor da soma dos dois diâmetros das polias, ambos já conhecidos, é possível traçar uma reta unindo os dois valores que por sua vez vai interseitar o eixo representativo do comprimento teórico (TBL), conforme evidenciado no gráfico da Figura 61 [9]. Por consulta à tabela de comprimentos *standard* correspondente ao tipo de secção pretendida, obtém-se o valor de (L) escolhendo na tabela o valor mais próximo do valor teórico obtido anteriormente (TBL). Seguidamente traça-se uma nova reta no gráfico da Figura 61 [9], unindo o valor da soma dos diâmetros com o comprimento (L), obtendo-se assim o ponto de interseção com o eixo da distância entre centros (a).

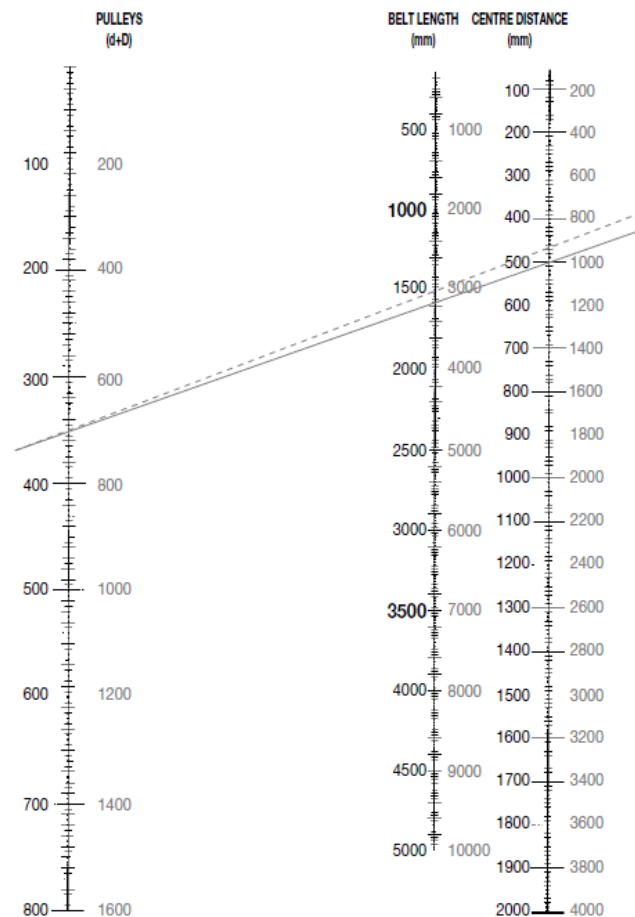


Figura 61 – Método alternativo para a seleção do comprimento da correia e da distância entre centros

Para a potência básica final, é necessário obter primeiro o valor da potência básica através do cruzamento entre o valor da velocidade angular e do diâmetro da polia menor (d), nas tabelas de potências existentes para cada tipo de secção, apresentadas no catálogo do fabricante, cujo exemplo se apresenta na Figura 62 [9].

RPM of faster shaft	56	60	63	67	71	75	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140
585	0.60	0.69	0.77	0.86	0.96	1.06	1.18	1.30	1.42	1.54	1.66	1.80	1.94	2.08	2.25	2.41	2.59

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

...

5600	3.76	4.52	5.08	5.82	6.55	7.27	8.14	9.00	9.83	10.65	11.43	12.35	13.22	14.06
5800	3.85	4.63	5.21	5.97	6.71	7.45	8.34	9.22	10.06	10.89	11.69	12.61	13.49	
6000	3.93	4.73	5.33	6.11	6.87	7.62	8.53	9.42	10.29	11.12	11.93	12.86		

Figura 62 - Tabela (parcial) da potência básica para uma determinada secção [9]

Por sua vez, à potência básica estão associadas a potência adicional para a relação da transmissão e a potência adicional para o tempo de vida útil da correia, cujos valores uma vez determinados serão adicionados ao valor da potência básica. No que respeita à potência adicional para a relação da transmissão é efetuado um cruzamento entre o valor da relação da transmissão (i) e a velocidade angular da polia de menor diâmetro segundo uma tabela de potências específica para cada secção, divulgada pelo fabricante (exemplo na Figura 63 [9]).

RPM of faster shaft	1 to	1.02 to	1.04 to	1.06 to	1.09 to	1.12 to	1.16 to	1.21 to	1.29 to	>1.44
	1.01	1.03	1.05	1.08	1.11	1.15	1.2	1.28	1.44	
585	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
...										
5600	0.00	0.07	0.14	0.21	0.29	0.36	0.43	0.50	0.57	0.65
5800	0.00	0.07	0.15	0.22	0.30	0.37	0.45	0.52	0.59	0.67
6000	0.00	0.08	0.15	0.23	0.31	0.38	0.46	0.54	0.61	0.69

Figura 63 - Tabela (parcial) da potência adicional para a relação da transmissão para uma determinada secção [9]

Relativamente à potência adicional para o tempo de vida útil da correia, este valor representa uma simulação do desgaste que a correia vai sofrer com o tempo. Para a sua determinação é necessário ter em conta o tempo de vida útil da correia a considerar e aplicar uma determinada fórmula que varia consoante a quantidade de horas trabalhadas e o tipo de secção pretendida. Somando o valor da potência básica, da potência adicional para a relação da transmissão e da potência adicional para o tempo de vida útil da correia, obtém-se a potência básica final.

O fator de correção para o comprimento da correia (C_L) é obtido através de tabelas do catálogo do fabricante, por correspondência com o comprimento da correia (L). Existem várias tabelas para cada tipo de secção transversal, pelo que deverá seleccionar-se antes a tabela correspondente à secção pretendida para a transmissão (exemplo na Figura 64 [9]).

Belt ref.	ISO datum length mm	Corr. factor C_L	Belt ref.	RMA eff. length mm	Corr. factor C_L
XP7-R30	R30	0.83	3VX-250	R35	0.83

...

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

XPZ-3350	3350	1.13	3VX-1320	3355	1.14
XPZ-3550	3550	1.15	3VX-1400	3555	1.15

Figura 64 - Tabela (parcial) do fator de correção do comprimento da correia para uma determinada secção [9]

Para o fator de correção para o arco de contacto (G), deve calcular-se primeiro o rácio entre a diferença dos diâmetros das polias e a distância entre centros. Sabendo este valor e consultando a tabela do fabricante apresentada na Figura 65 [9], pode obter-se o valor de G .

$\frac{D-d}{A}$	Arc of contact on small pulley (degrees)	Factor G
0.00	180	1.00
0.10	174	0.99
0.20	169	0.97
0.30	163	0.96
0.40	157	0.94
0.50	151	0.93
0.60	145	0.91
0.70	139	0.89
0.80	133	0.87
0.90	127	0.85
1.00	120	0.82
1.10	113	0.80
1.20	106	0.77
1.30	99	0.73
1.40	91	0.70
1.50	83	0.65

Figura 65 - Fator de correção para o arco de contacto ($G=C_3$)

São agora conhecidos todos os fatores necessários para o cálculo do número de correias (z), através da fórmula (37):

$$z = \frac{\text{Potência de Projeto}}{\text{Potência Básica Final} \times C_L \times G} \quad (37)$$

Para terminar o método de seleção de correias deste fabricante, segue-se o apuramento das tolerâncias mínimas para instalar e fixar/tensionar a correia, que permitem variar a distância entre centros, para instalar e tensionar a correia respetivamente. As tolerâncias obtêm-se pelo cruzamento entre o comprimento da correia (L) e o tipo de secção, nas tabelas divulgadas no catálogo do fabricante e apresentadas nas Figuras 66, 67 e 68 [9]. As tabelas apresentadas correspondem a diferentes modelos de correias em V: correias em V; correias micro-V; e correias Polyflex JB.

Datum length mm	Minimum installation allowance - mm																Minimum takeup allowance mm
	V-belt section																
	XPZ 3VX SPZ 3V	XPA SPA	XPB 5VX SPB 5V	XPC SPC	8V 8VK	9J PB	15J PB	8V PB* 25J PB*	Z	A	A PB	B	B PB SPB PB	C PB SPC PB	D	All sections	
420 - 1199	15	20	-	-	-	30	-	-	15	20	30	25	35	40	50	-	25
1200 - 1999	20	25	25	-	-	35	55	-	20	20	30	30	40	40	50	50	35
2000 - 2749	20	25	25	35	40	35	55	85	20	25	35	30	40	40	50	50	40
2750 - 3499	20	25	25	35	40	35	55	85	-	25	35	30	40	40	50	50	45
3500 - 4499	20	25	25	35	40	35	55	85	-	25	35	30	40	40	50	60	55
4500 - 5499	-	25	25	35	45	-	55	90	-	25	35	40	50	50	60	60	65
5500 - 6499	-	-	35	40	45	-	60	90	-	25	35	40	50	50	60	60	85
6500 - 7999	-	-	35	40	45	-	60	90	-	-	-	40	50	50	60	65	95
8000 -	-	-	35	45	50	-	60	100	-	-	-	-	50	50	60	65	110

Figura 66 - Tolerância para Correias em V [9]

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Effective length mm	Minimum installation allowance - mm			Minimum takeup allowance mm
	Micro-V® belt section			
	PJ	PL	PM	
up to 500	10			10
501 - 1000	15			20
1001 - 1500	15	25		25
1501 - 2000	20	25		35
2001 - 2500	20	30	40	40
2501 - 3000		30	40	45
3001 - 4000		35	45	60
4001 - 5000			45	65
5001 - 6000			50	70
6001 - 7500			55	85
7501 - 9000			65	100
9001 -			70	115

Figura 67 - Tolerâncias para Correias em V Micro [9]

Effective length mm	Minimum installation allowance - mm			Minimum takeup allowance mm
	Polyflex® JB™ belt section			
	5M-JB	7M-JB	11M-JB	
280 - 300	10			5
307 - 710	15	15	25	15
730 - 1090	25	25	30	30
1120 - 1500	30	30	35	35
1550 - 1900	-	30	40	35
1950 - 2300	-	40	50	45

Figura 68 - Tolerâncias para Correias Polyflex JB [9]

4. ANÁLISE DOS MÉTODOS DE SELEÇÃO DE TRANSMISSÕES COM CORREIAS

Da análise dos métodos de seleção de transmissões com correias descritos no capítulo anterior, podem retirar-se algumas conclusões e comparações acerca: (i) das condições de serviço/funcionamento consideradas como as mais relevantes para a caracterização de uma transmissão com correias, para os diferentes fabricantes analisados; (ii) e do método de seleção da transmissão utilizado.

4.1. Condições de Serviço

Tendo por base os fabricantes analisados e as condições de serviço/funcionamento estipuladas no método de seleção de transmissão utilizado por cada um, podem identificar-se as mais relevantes para a caracterização de uma transmissão com correias:

- Tipo de Máquina;
- Tempo de Funcionamento diário;
- Potência da Máquina;
- Velocidade Angular da Polia Menor;
- Velocidade Angular da Polia Maior;
- Distância entre centros estimada;
- Limite máximo do diâmetro da polia maior ou menor.

4.2. Método de seleção

É importante efetuar uma análise comparativa entre os vários fabricantes e respetivos métodos de seleção utilizados, de modo a averiguar e enumerar as principais diferenças e semelhanças. A análise comparativa será desenvolvida sobre os seguintes temas:

- Fatores analisados durante o método de seleção;
- Método que cada um dos fabricantes utiliza até chegar à escolha final;
- Comparação entre as várias equações que cada um dos fabricantes aplica.

4.2.1. Fases do Método de seleção para a Caracterização da Correia por fabricante

O Fluxograma representado na Figura 12 evidencia de forma sistemática, as diversas fases do método que cada fabricante utiliza para selecionar uma transmissão de correias e a respetiva ordem que cada fabricante segue na determinação dos fatores necessários.

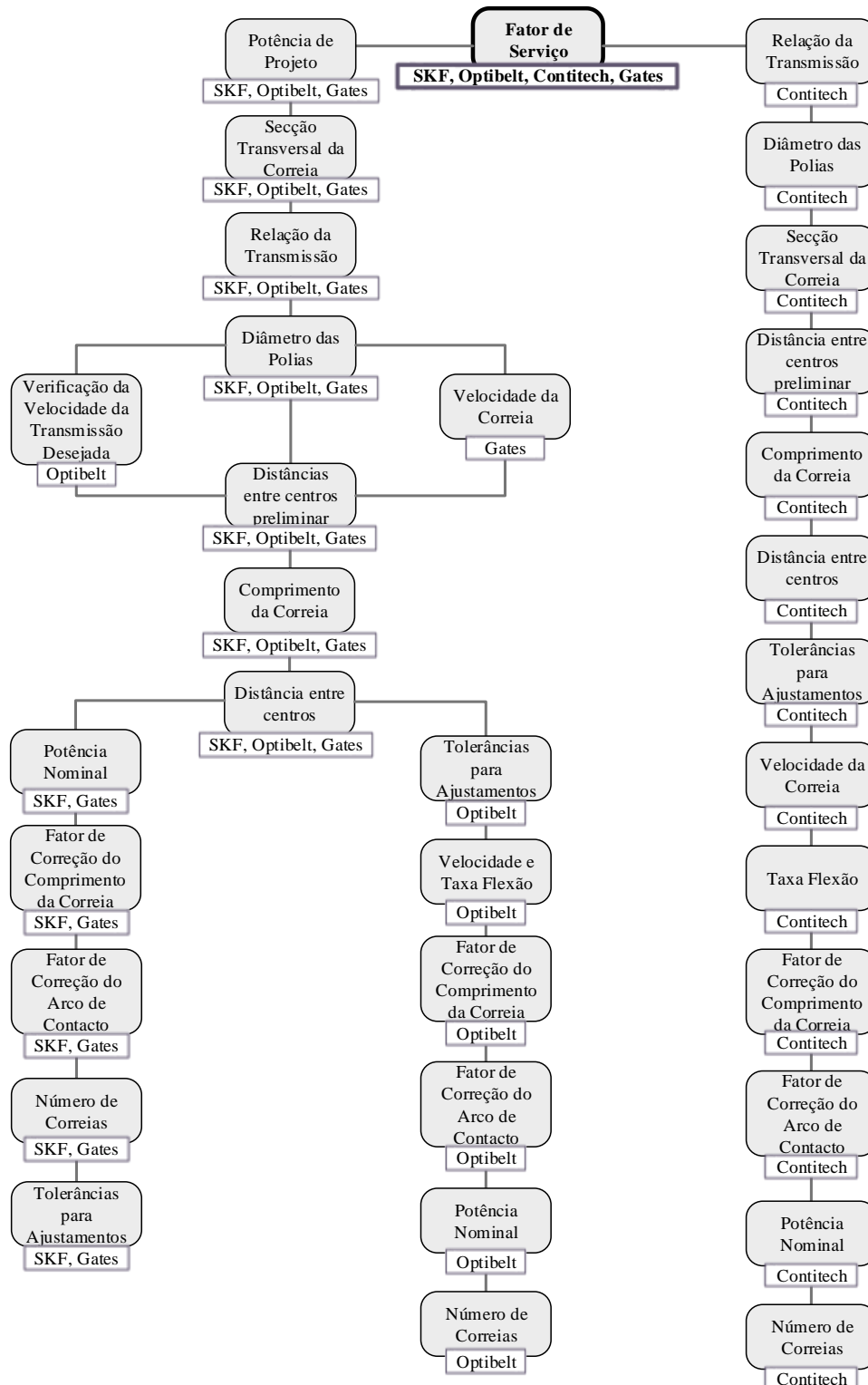


Figura 69 - Fluxograma com as diversas fases de seleção de correias por fabricante

Analisando o fluxograma, verifica-se que o ponto de partida dos fabricantes analisados é o mesmo, ou seja, após estipuladas as condições de serviço em que a transmissão vai funcionar, é obtido um fator de serviço. O fator de serviço é multiplicado pela potência de transmissão representando assim uma forma de simular o desgaste que a correia vai ter ao longo do seu período de funcionamento, tendo em conta o tipo de máquina que será utilizado.

De um ponto de partida semelhante, cada fabricante segue diferentes caminhos na determinação dos fatores necessários para a caracterização da transmissão.

No que respeita à SKF, OPTIBELT e GATES estes partem do fator de serviço, seguem para a determinação da potência de projeto; secção transversal da correia; relação da transmissão e diâmetro das polias. Após determinação do diâmetro das polias, a OPTIBELT efetua uma verificação da velocidade angular da transmissão desejada e a GATES determina a velocidade da correia, passando ambas de seguida para a determinação da distância entre centros. Por sua vez, a SKF passa diretamente do cálculo do diâmetro das polias para o cálculo da distância entre centros. Uma vez determinada a distância entre centros, a OPTIBELT opta por calcular primeiro as tolerâncias de ajustamento da correia seguidas da velocidade e taxa de flexão; fator de correção do arco de contacto; fator de correção do comprimento de correia; potência nominal e por último o número de correias. Contrariamente, a SKF e a GATES calculam primeiro a potência nominal seguida do fator de correção do arco de contacto; do fator de correção do comprimento da correia; do número de correias necessárias e por último as tolerâncias de ajustamento da correia.

Relativamente à CONTITECH, após determinação do fator de serviço, segue-se o cálculo da relação da transmissão; diâmetro das polias; secção transversal das correias; distância entre centros preliminar, comprimento da correia; distância entre centros; tolerâncias para ajustamentos; velocidade da correia; taxa de flexão; fator de correção do arco de contacto; fator de correção do comprimento da correia; potência nominal e por último, número de correias.

A diferença mais notória entre os fabricantes é o facto de a CONTITECH não ter uma fase específica para o cálculo da potência de projeto. Como alternativa, na fase da escolha da secção transversal da correia, é referido que a potência deverá corresponder à potência da máquina corrigida pelo fator de serviço. Não existe uma fórmula em específico aplicada pelo fabricante, no entanto assume-se que a correção da potência da máquina pelo fator de serviço corresponde à multiplicação dos mesmos, pelo que este procedimento acaba por ir de encontro ao método utilizado pelos restantes fabricantes.

4.2.2. Análise comparativa do cálculo dos fatores relevantes para o método de seleção da transmissão com correias entre fabricantes

Neste capítulo será efetuada uma análise comparativa sobre a forma de cálculo de cada fator interveniente no método de seleção da transmissão de cada fabricante analisado, de modo a enumerar as principais diferenças e semelhanças entre cada um.

a) Fator de Serviço

Tal como referido anteriormente, o fator de serviço é tido em conta por todos os fabricantes estudados sendo inclusive o ponto de partida de todos os métodos de seleção analisados.

A forma de obter o fator de serviço para cada fabricante estudado é semelhante e implica que seja consultada uma tabela onde se identifica o tipo de máquina motora, o tempo de funcionamento e o tipo de máquina movida. Estas tabelas aparecem nos catálogos dos fabricantes: Figuras 6 e 7 [6] no que respeita à SKF; Figura 25 [7] para a OPTIBELT; Figura 39 [8] para a CONTITECH; e Figura 50 [9] para a GATES. Estas tabelas apresentam ligeiras diferenças, tendo-se verificado que os valores obtidos dos fatores de serviço são iguais para todos os fabricantes, facto que será explorado mais à frente na secção dos Casos de Estudo.

b) Potência de Projeto

No que respeita à determinação da potência de projeto, a fórmula utilizada para o seu cálculo é idêntica para os fabricantes SKF, OPTIBELT e GATES:

$$P_d = P \times C_2$$

Embora o fabricante CONTITECH não mencione no respetivo método de seleção de transmissão, uma expressão específica para o valor da potência de projeto, refere que aquando da fase da escolha da secção transversal da correia, a potência a usar corresponde à potência da transmissão corrigida pelo fator de serviço, de acordo com a expressão utilizada pelos restantes fabricantes analisados.

A importância do cálculo da potência de projeto prende-se com o facto de esta incluir um fator de aumento de esforço que simula aproximadamente o desgaste a que a correia será submetida ao longo do tempo de funcionamento e o tipo de trabalho que executará.

c) Secção Transversal da Correia

Para determinar a secção transversal da correia, os fabricantes em estudo apresentam diagramas nos catálogos, através dos quais, por intersecção da potência projetada com a velocidade angular da polia menor, se obtém a secção transversal indicada para a respetiva transmissão. Por sua vez, o valor da velocidade angular da polia menor é obtido nas condições de serviço as quais são cedidas pela máquina onde será instalada a correia.

No caso do fabricante CONTITECH, o método para seleccionar a secção transversal é diferente, tal como explicado no subcapítulo 3.3. Para seleccionar a secção é igualmente necessário saber o valor da velocidade angular da polia de menor diâmetro, no entanto não é usada a potência de projeto, pois no eixo das abcissas dos diagramas deste fabricante, a potência representada é a

potência da correia. Numa fase mais avançada do método de seleção, aquando do cálculo da potência da correia, pode então confirmar-se se o valor obtido se aproxima do valor estimado anteriormente pelo diagrama.

O âmbito deste trabalho diz respeito ao estudo das correias em V, no entanto existem vários tipos de secções transversais para correias em V, para cada fabricante analisado, designadamente:

SKF: Z, ZX, A, AX, B, BX, C, CX, D, SPZ, XPZ, SPZ-XP, SPA, XPA, SPA-XP, SPB, XPB, SPB-XP, SPC, XPC, SPC-XP, 3V, 3VX, 3V-XP, 5, 5VX, 8V, 8V-XP.

OPTIBELT: Z/10, A/13, B/17, C/22, D/32, E/40, SPZ, SPA, SPB, SPC, 3V/9N, 3V/9J, 5V/15N, 5V/15J, 8V/25N, 8V/25J, XPZ/3VX, 9JX, XPA, XPB/5VX, 15JX, SPC.

CONTITECH: 5, 6, 8, XPZ, XPA, XPB, XPC, SPZ, SPA, SPB, SPC, 10/Z, 13/A, 17/B, 22/C, 32/D, 40/E.

GATES: XPZ, SPZ, 3VX, 3V, 9J, XPA, SPA, XPB, SPB, 5VX, 5V, 15J, SPC, 8V/25J, Z, A, B, C, D, E, PJ, PL, PM, 5M, 7M, 11M.

d) Relação da Transmissão

A relação da transmissão é calculada de forma idêntica para todos os fabricantes estudados, e pode ser calculada através dos diâmetros das polias, ou a partir das velocidades angulares das polias, conforme a expressão (1) introduzida no capítulo 2.

e) Diâmetro das polias

O cálculo dos diâmetros das polias varia conforme os fabricantes analisados.

No caso do fabricante SKF, é necessário recorrer às tabelas apresentadas nas Figuras 13, 14, 15 e 16 [6], nas quais constam os valores *standard* dos diâmetros das polias, onde se procura um valor inferior ao máximo estipulado para o diâmetro menor nas condições de serviço. Por sua vez, as tabelas apresentadas nas Figuras 17, 18, 19 e 20 [6], evidenciam os valores *standard* das polias para as várias relações da transmissão, obtendo-se assim o diâmetro maior.

No caso da OPTIBELT uma das condições de serviço assumidas para iniciar o processo de seleção, é um valor máximo para o diâmetro da polia menor. Posteriormente através da consulta à tabela representada na Figura 31 [7], é possível obter um valor para a polia de menor diâmetro, inferior ao máximo estipulado, tendo em conta a secção transversal pretendida. Já conhecendo a relação da transmissão e o diâmetro da polia menor, é possível obter um valor aproximado para o diâmetro da polia maior, multiplicando os dois primeiros. Por fim, utilizando o valor aproximado obtido e pesquisando o valor mais próximo deste último na tabela de diâmetros *standard* apresentada na Figura 31 [7], obtém-se o valor exato do diâmetro da polia maior.

Para a CONTITECH, uma das condições de serviço iniciais assumidas é um valor máximo para o diâmetro da polia maior. Sabendo este valor máximo e a relação da transmissão, é possível obter o valor do diâmetro da polia menor dividindo o primeiro pelo último.

Para a GATES, o método ideal é utilizar diâmetros *standard* por forma a obter uma transmissão mais económica. Inicialmente, é cedido nas condições de serviço um valor máximo

para o diâmetro da polia maior. Com este valor máximo e por consulta a tabelas de diâmetros *standard* de polias (Figuras 55 e 56) [9], é possível obter o diâmetro da polia maior. Por fim, conhecendo já a relação da transmissão e o diâmetro maior, pode obter-se o valor do diâmetro da polia em falta através da expressão da relação da transmissão apresentada na fórmula (1).

f) Verificação da velocidade angular da polia maior

Apenas a OPTIBELT procede à confirmação dos diâmetros selecionados (*standard*) e das velocidades angulares das polias. Tendo em conta que as velocidades angulares das polias são cedidas nas condições de serviço, é possível verificar se os diâmetros selecionados estão corretos, e posteriormente confirmar se a velocidade angular de uma das polias se aproxima da indicada.

Através da divisão dos diâmetros obtidos obtém-se o valor de uma relação ($i_{\text{confirmação}}$) que deverá ser igual à relação da transmissão calculada inicialmente (i). De seguida pode aplicar-se a seguinte fórmula:

$$n_{g \text{ confirmação}} = \frac{n_k}{i_{\text{confirmação}}}$$

Onde n_k representa a velocidade angular da polia menor e $n_{g \text{ confirmação}}$ representa a velocidade angular da polia maior e cujo valor, uma vez obtido, permite que se confirme se a velocidade se encontra nos valores previstos inicialmente.

g) Distância entre centros preliminar

Pode verificar-se que para todos os fabricantes analisados é necessário obter uma estimativa para a distância entre centros antes de chegar ao valor exato da distância entre centros. A SKF, OPTIBELT e CONTITECH, determinam a distância entre centros preliminar, estipulando este valor num determinado intervalo definido pelas seguintes condições:

$$\begin{aligned} a_{\min} &\geq 0,7 \times (d_{wg} + d_{wk}) \\ a_{\max} &\leq 2 \times (d_{wg} + d_{wk}) \end{aligned}$$

Diferentemente, para as correias da GATES, o cálculo do valor estimado da distância entre centros é feito através da seguinte fórmula:

$$a_{\text{est}} = \frac{d_{wg} + 3 \times d_{wk}}{2}$$

h) Comprimento da correia

No que concerne ao cálculo do comprimento da correia, pode verificar-se que os fabricantes analisados são unânimes no método de cálculo deste fator, que representa o perímetro total da correia que deve ser utilizado. Primeiramente, é calculado um valor teórico para o comprimento da correia através da seguinte expressão:

$$L = 2 \times a_{\text{est}} + \frac{\pi}{2} \times (d_{wg} + d_{wk}) + \frac{(d_{wg} - d_{wk})^2}{4 \times a_{\text{est}}}$$

Com o valor obtido na expressão anterior recorre-se depois às tabelas de comprimentos *standard* apresentadas pelos fabricantes, procurando-se o valor mais próximo do valor obtido e obtendo-se assim o valor exato para o comprimento da correia, denominado por comprimento *standard* (L_{St}).

Pode então concluir-se que existe uniformização entre os fabricantes estudados no que respeita ao método de cálculo do comprimento da correia.

i) Distância entre centros

Para os fabricantes examinados é também unânime que após o cálculo da distância entre centros preliminar e do comprimento da correia, é determinada de seguida a distância entre centros exata. Por sua vez, o método de cálculo deste fator não é uniforme entre os fabricantes.

Para a SKF, a distância entre centros exata é calculada através da seguinte expressão:

$$a_{nom} = \frac{x + \sqrt{x^2 - 8 \times (d_{wg} - d_{wk})^2}}{8}$$

Onde,

$$x = 2 \times L_{St} - \pi \times (d_{wg} - d_{wk})^2$$

A OPTIBELT calcula a distância entre centros tendo em conta as seguintes condições e respetivas expressões:

Se,

$$\begin{aligned} L_{St} > L \quad a_{nom} &\approx a_{est} + \frac{L_{St} - L}{2} \\ L_{St} < L \quad a_{nom} &\approx a_{est} - \frac{L_{St} - L}{2} \end{aligned}$$

A CONTITECH corrige a distância estimada anteriormente de forma a chegar à distância exata, pela fórmula seguinte:

$$a_{nom} = \frac{1}{4} \times \left(L_{St} - \frac{d_{wg} + d_{wk}}{2} \times \pi \right) + \frac{1}{4} \times \sqrt{\left(L_{St} - \frac{d_{wg} - d_{wk}}{2} \times \pi \right)^2 - 2 \times (d_{wg} - d_{wk})^2}$$

A GATES calcula a distância entre centros através da seguinte fórmula:

$$a_{nom} = \frac{L_{St} - \frac{\pi}{2} \times (d_{wg} + d_{wk}) - h \times (d_{wg} - d_{wk})}{2}$$

Onde o valor de h representa um fator cujo valor é possível obter através de uma tabela apresentada pelo mesmo (Figura 60) [9].

j) Potência Básica

Para determinar a potência básica os fabricantes analisados recorrem a tabelas apresentadas nos respetivos catálogos. Para se obter o valor da potência básica nestas tabelas é necessário conhecer os seguintes fatores: secção transversal da correia; diâmetro da polia menor; e velocidade angular da polia menor.

Tendo em conta que existe uma tabela para cada tipo de secção transversal, o valor da potência básica obtém-se por interseção dos dois fatores restantes: diâmetro e velocidade angular

da polia menor. Através da relação da transmissão e por consulta às mesmas tabelas, pode obter-se para além da potência básica, um coeficiente adicional denominado por potência adicional para a relação da transmissão, que será adicionado ao valor da potência básica obtida em primeiro lugar.

No caso da CONTITECH, a potência básica obtém-se simplesmente por intersecção de três fatores, juntando-se o fator da relação da transmissão aos dois já mencionados: diâmetro e velocidade angular da polia menor.

Para a GATES, para além de se adicionar a potência adicional para a relação da transmissão à potência básica, é ainda somada a potência adicional para o tempo de vida útil da correia, cujo valor representa um fator de segurança que tem em conta o tempo que a polia estará em funcionamento. Este calcula-se através de uma expressão que varia consoante a quantidade de horas trabalhadas e o tipo de secção transversal.

k) Velocidade da Correia

Apenas a OPTIBELT, CONTITECH e GATES procedem ao cálculo da velocidade da correia, o qual representa um fator decisivo no tempo de vida útil da correia e no desgaste que a mesma vai sofrer ao longo do funcionamento. Naturalmente, uma velocidade elevada resultará num maior desgaste da correia. O método utilizado pelos fabricantes mencionados para calcular a velocidade é idêntico e traduz-se na aplicação da seguinte fórmula:

$$v = \frac{\pi \times d_{wk} \times n_k}{60 \times 10^3}$$

l) Taxa de Flexão

Apenas dois dos fabricantes analisados têm em conta este fator, nomeadamente a CONTITECH e GATES. O método de cálculo desta variável é o mesmo para os dois e traduz-se na aplicação da seguinte fórmula:

$$f_b = \frac{10^3 \times v \times k}{L_{St}}$$

Onde k representa o número de polias usadas na transmissão.

m) Fator de Correção para o Comprimento da Correia

O cálculo do fator de correção para o comprimento da correia é semelhante para os fabricantes estudados. O valor é retirado de tabelas de fatores apresentadas nos catálogos após serem conhecidos os seguintes fatores: secção transversal da correia; e comprimento da correia.

n) Fator de Correção para o arco de Contacto

O cálculo do fator de correção para o arco de contacto é semelhante para os fabricantes analisados e implica que se conheçam os seguintes fatores: diâmetro da polia maior; diâmetro da polia menor; e distância entre centros.

Após conhecimento destes valores poderá determinar-se o coeficiente resultante da seguinte fórmula:

$$\frac{d_{wg} - d_{wk}}{a_{nom}}$$

Uma vez calculado este rácio deverá consultar-se as tabelas disponibilizadas por cada fabricante, sendo então possível obter o valor para o fator de correção para o arco de contacto, procurando o fator correspondente ao coeficiente obtido na fórmula anterior.

o) Potência da Correia

Para determinar o valor da potência da correia, o cálculo revelou-se idêntico para os fabricantes analisados. Após obtenção do valor da potência básica e dos fatores de correção do comprimento da correia e do arco de contacto, o valor da potência pode calcular-se segundo a fórmula seguinte:

$$P_r = P_b \times C_1 \times C_3$$

p) Número de Correias

No que respeita ao número de correias a utilizar numa determinada transmissão, é sabido que existem vantagens em usar várias correias, nomeadamente a potência da transmissão pode ser mais elevada. Ainda assim o número de correias não deverá ser elevado, tendo em conta que pode não haver tipos de polias que suportem um número elevado de correias.

O número de correias a utilizar traduz-se na aplicação de uma fórmula idêntica para todos os fabricantes estudados, a qual implica o conhecimento dos valores da potência de projeto (P_d) e da potência da correia (P_r):

$$N = \frac{P_d}{P_r}$$

q) Tolerâncias para Ajustamento da correia

Como referido anteriormente, as tolerâncias para ajustamento da correia dizem respeito às tolerâncias permitidas para a instalação da correia e para a tensionar após ser colocada na devida posição.

A SKF, OPTIBELT e GATES apresentam tabelas de tolerâncias onde, por interseção da secção transversal com o comprimento *standard* da correia, se podem obter os valores das tolerâncias para ajustamento da correia.

A CONTITECH, utiliza um método de cálculo diferente dos restantes, aplicando duas fórmulas específicas para determinar a tolerância de instalação (x) e de tensionamento (y) respetivamente:

$$x = \frac{0,01 \times L_{St}}{\sin\left(\frac{\beta}{2}\right)}$$

E,

$$y = \frac{0,05 \times L_{St} + \pi \times h \times \frac{\beta}{360}}{\sin\left(\frac{\beta}{2}\right)}$$

Onde,

$$\beta = 2 \times \cos^{-1} \left(\frac{d_{wg} - d_{wk}}{2 \times a} \right)$$

O valor do fator h, obtém-se nas tabelas cedidas pelo fabricante, que variam consoante a secção transversal pretendida. O valor de β representa o arco de contacto em redor da polia menor.

5. CASOS DE ESTUDO

Neste capítulo serão realizados três casos de estudo, assumindo para cada caso condições iniciais de serviço diferentes. Estes casos de estudo foram obtidos através de exemplos apresentados nos catálogos dos fabricantes considerados no estudo e foram selecionados com base na divulgação das condições de serviço necessárias à aplicação dos métodos de seleção.

Os casos são estudados considerando os métodos de seleção de cada um dos fabricantes analisados.

5.1. Caso de Estudo 1

As condições de serviço para a transmissão em questão são as seguintes: [7]

Tabela 2 - Condições de Serviço para o Caso de Estudo 1

Máquina Motora	Condições de Operação	Máquina Movida
<ul style="list-style-type: none"> Motor Trifásico; Potência = 132 kW; Velocidade angular da polia menor = 1485 RPM; “Estrela-triângulo”; Torque de Início $M_A=0,65M_N$ 	<ul style="list-style-type: none"> 18 horas por dia; Número de arranques: 1 por dia; Condições de operação: Sala à temperatura normal, sem exposição ao óleo, água ou poeira; Distância entre centros: $1300 < a < 1500$; Diâmetro da polia menor $\leq 300\text{mm}$ 	<ul style="list-style-type: none"> Ventoinha; Potência = 132 kW; Velocidade angular da polia maior = 825 ± 15 RPM; Modo de arranque: Sob Carga; Tipo de carga: Contínua.

5.1.1. SKF

a) Fator de Serviço

Sabendo das condições de serviço que se trata de uma transmissão com uma máquina motora do tipo “Star Delta Start”, através da Figura 6 [6] é possível saber que se trata de um arranque suave.

Como a máquina movida é uma ventoinha com mais de 7,5 kW e trabalha mais de 16 horas por dia, através da Figura 7 [6] tem-se que o fator de serviço é:

$$C_2 = 1,3$$

b) Potência de Projeto

Para determinar a potência, é utilizada a expressão (2) apresentada no subcapítulo 3.1.:

$$P_d = 132 \times 1,3 = 171,6 \text{ kW}$$

c) Secção Transversal da correia

Pelas condições de serviço apresentadas pode constatar-se que não é possível saber diretamente qual o digrama de secção mais indicado a usar. Neste caso, opta-se pelo diagrama apresentado na Figura 9 [6], no qual são traçadas linhas auxiliares a partir da velocidade angular da polia menor e da potência de projeto, obtendo-se a secção indicada para o caso de estudo do Tipo C.

d) Relação da Transmissão

O cálculo da relação da transmissão baseia-se na expressão (1) apresentada no capítulo 2:

$$I_r = \frac{1485}{825} = 1,8$$

e) Diâmetros das polias

Como a secção selecionada foi do Tipo C, para esta transmissão não será possível usar o método mais simples apresentado no capítulo 3.

Das condições de serviço sabe-se que o diâmetro da polia menor não pode ser maior do que 300mm. Analisando a Figura 14 [6], e tendo em conta a secção escolhida do Tipo C, procura-se um diâmetro disponível que não seja superior a 300mm. Neste caso, será assumido um diâmetro para a polia menor de:

$$d = 300\text{mm}$$

Sabendo a relação da transmissão calculada anteriormente e o diâmetro da polia menor, na tabela apresentada na Figura 18 [6], procura-se a relação mais aproximada do valor obtido (neste caso é 1,77), à qual corresponde um diâmetro da polia maior:

$$D = 530\text{mm}$$

f) Distância entre centros preliminar

Nas condições de serviço é indicado o intervalo para a distância entre centros, pelo que se assume um valor para a distância estimada que respeite as condições:

$$CC_p = 1400\text{mm}$$

g) Comprimento da correia

Para determinar o comprimento da correia é necessário calcular primeiro o valor teórico para o comprimento da correia através da expressão (4) apresentada no subcapítulo 3.1.:

$$L_d = 4054,4\text{mm}$$

Após obtenção do valor teórico, na tabela apresentada na Figura 70 [6] é possível obter o valor do comprimento *standard*, escolhendo o valor mais próximo do primeiro, bem como a referência da correia.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Section	Dimensions Pitch length	Inside length		w		h	Designation
		mm	in.	mm			
22/C	2 980	2 921	115,00	22	14		PHG C115
			...				
	3 920	3 861	152,00	22	14		PHG C152
	4 060	4 013	158,00	22	14		PHG C158
	4 170	4 115	162,00	22	14		PHG C162
	4 280	4 216	166,00	22	14		PHG C166
	4 300	4 242	167,00	22	14		PHG C167
	4 320	4 267	168,00	22	14		PHG C168

Figura 70 - Tabela (parcial) para comprimentos standard para a secção do Tipo C [6]

$$L_{St} = 4060mm$$

$$Ref.^a : PHG C158$$

h) Distância entre Centros

O valor da distância entre centros (CC) pode ser corrigido através da expressão (5), a qual implica que seja calculado antes o fator a através da expressão (6). Neste caso em específico foram obtidos os seguintes valores:

$$a = 7397$$

$$CC = 1845mm$$

Pelas condições de serviço, sabe-se que a distância entre centros deverá estar compreendida num determinado intervalo: $1300mm < CC < 1500mm$. Deste modo, pode verificar-se que a condição de serviço não está a ser cumprida pelo que, por forma a corrigir esta falha, os valores dos diâmetros das polias devem ser alterados. Obtêm-se então novos valores para as seguintes variáveis:

$$d = 280mm$$

$$D = 500mm$$

$$CC_p = 1400mm$$

Para estes valores, tem-se:

$$L_d = 3978,6mm$$

$$L_{St} = 3920mm$$

$$a = 7149$$

$$CC = 1784mm$$

Tal como anteriormente, a condição de serviço da distância entre centros continua a não ser cumprida.

Após vários ensaios pôde verificar-se que a condição de serviço nunca era cumprida pelo que se concluiu, após comparação com a expressão usada pela OPTIBELT, que a expressão (6) usada pela SKF para determinar o valor do fator a , está incorreta. O erro está na subtração dos diâmetros das polias que deviam ser somados. Desta forma, a expressão (6) seria corrigida para:

$$a = 2 \times L_{St} - \pi \times (d_{d2} + d_{d1})$$

Voltando aos valores obtidos inicialmente, tem-se:

$$d = 300mm$$

$$D = 530mm$$

$$CC_p = 1400mm$$

$$L_d = 4054,4mm$$

$$L_{St} = 4060mm$$

$$a = 5512,4$$

$$CC = 1373,3mm$$

Com estes valores são cumpridas as condições de serviço para esta transmissão.

i) Potência básica da correia

Tendo em conta o diâmetro e a velocidade angular da polia menor, já conhecidos, é possível recorrer à tabela da Figura 46 [6], divulgada pela SKF, e obter-se a potência básica da correia. Na mesma tabela, é também possível obter o valor de potência adicional a somar à potência básica, por interseção do valor da relação da transmissão e do valor da velocidade angular da polia menor.

Faster shaft speed	Rated power per belt for small pulley datum diameter [mm]										Additional power per belt for speed ratio				> 1,59
	224	236	250	265	280	300	315	335	355	375	400	1,00 to 1,05	1,06 to 1,24	1,25 to 1,59	
r/min	kW										kW				
100	1,51	1,63	1,77	1,92	2,06	2,26	2,40	2,60	2,79	2,98	3,22	0,01	0,06	0,11	0,14
200	2,75	2,97	3,23	3,51	3,78	4,14	4,42	4,78	5,14	5,49	5,93	0,02	0,12	0,22	0,29
	...														
1 400	12,51	13,59	14,81	16,08	17,30	18,85	19,95	21,34	22,63	23,82	25,16	0,17	0,81	1,52	2,02
1 440	12,71	13,80	15,04	16,32	17,55	19,10	20,20	21,58	22,86	24,02	25,32	0,17	0,83	1,56	2,08
1 500	12,99	14,10	15,36	16,65	17,89	19,44	20,54	21,90	23,14	24,26	25,48	0,18	0,87	1,63	2,17
1 800	13,41	14,55	15,83	17,14	18,38	19,92	20,99	22,30	23,47	24,49	25,55	0,19	0,93	1,74	2,31
1 700	13,78	14,94	16,23	17,53	18,76	20,27	21,30	22,54	23,60	24,50	—	0,21	0,98	1,85	2,45
1 800	14,09	15,25	16,54	17,84	19,04	20,49	21,47	22,60	—	—	—	0,22	1,04	1,95	2,60
1 900	14,33	15,49	16,77	18,04	19,21	20,58	21,48	—	—	—	—	0,23	1,10	2,06	2,74
2 000	14,51	15,66	16,92	18,15	19,26	—	—	—	—	—	—	0,24	1,16	2,17	2,89
2 100	14,62	15,75	16,98	18,15	—	—	—	—	—	—	—	0,25	1,22	2,28	3,03
2 200	14,66	15,77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,27	1,27	2,39	3,18

Figura 71 - Tabela (parcial) para a potência básica e potência adicional para uma secção do Tipo C [6]

Para este caso de estudo, os valores obtidos são:

$$P_b = 19,355 + 2,1475 = 21,5kW$$

j) Fatores de Correção

O fator de correção do comprimento da correia, determina-se por interseção da secção transversal da correia e do valor do comprimento *standard*, na tabela apresentada na Figura 23 (a) [6]. Para a transmissão em estudo o fator de correção do comprimento da correia obtido por interpolação é:

$$C_1 = 1,02$$

O fator de correção do arco de contacto, equivale ao valor correspondente ao coeficiente resultante da divisão da diferença entre os diâmetros pela distância entre centros, na tabela

apresentada na Figura 23 (b) [6]. Neste caso específico, deverá procurar-se na tabela mencionada o valor correspondente ao seguinte coeficiente:

$$\frac{500 - 230}{1373,3} = 0,20$$

Os valores do arco de contacto e do fator de correção do arco de contacto são:

$$\beta = 169^\circ$$

$$C_3 = 0,97$$

k) Potência da Correia

A potência da correia é calculada através da expressão (7) apresentada no subcapítulo 3.1.:

$$P_r = 21,5 \times 0,97 \times 1,02 = 21,27 \text{ kW}$$

l) Número de Correias

O número de correias obtém-se por utilização da expressão (8):

$$N = \frac{171,6}{21,27} = 8,07$$

O resultado obtido deverá ser corrigido para o valor absoluto imediatamente superior de modo a garantir uma maior rentabilidade da transmissão e das próprias correias e consequentemente o tempo de vida útil estimado pelo respetivo fabricante. Para este caso conclui-se que deverão ser utilizadas 9 correias.

m) Tolerâncias para remoção/instalação e tensionamento da correia

Com o valor do comprimento *standard* e a secção transversal da correia é possível obter os valores das tolerâncias de ajustamento da correia, por consulta à tabela apresentada na Figura 24 [6]:

$$MIA = 50mm$$

$$MTA = 55mm$$

5.1.2. OPTIBELT

a) Fator de Serviço

Pelas condições de serviço desta transmissão, percebe-se que a transmissão tem um arranque do tipo “*Star delta start*”, que trabalha 18 horas por dia e a máquina movida é uma ventoinha com uma potência superior a 7,5 kW. Intersetando estas informações, na tabela da Figura 25 [7] pode obter-se o valor do fator de serviço:

$$C_2 = 1,3$$

b) Potência de Projeto

A potência de projeto determina-se por aplicação da expressão (9) apresentada no subcapítulo 3.2.:

$$P_d = 132 \times 1,3 = 171,6 \text{ kW}$$

c) Secção Transversal da Correia

Das condições de serviço retira-se a velocidade angular da polia menor que, intersetada com o valor da potência de projeto determinado anteriormente, no diagrama da Figura 27 [7], permite determinar que o tipo de secção para esta transmissão é SPB.

d) Relação da Transmissão

Através da expressão (1) apresentada no capítulo 2 é possível determinar a relação da transmissão:

$$i = \frac{1485}{825} = 1,8$$

e) Diâmetro das Polias

Das condições de serviço, sabe-se que o diâmetro da polia menor não pode ser superior a 300mm. Deste modo, deve seleccionar-se na tabela da Figura 31 [7] um valor disponível para o diâmetro *standard* da polia menor, tendo em conta a secção transversal pretendida. Têm-se então que o diâmetro da polia menor é:

$$d_{dk} = 280mm$$

Através da expressão (10) apresentada no subcapítulo 3.2. é possível obter o diâmetro da polia maior:

$$d_{dg} = 1,8 \times 280 = 504mm$$

Recorrendo novamente à tabela da Figura 31 [7], deve seleccionar-se o diâmetro *standard* da polia maior mais próximo do valor obtido:

$$d_{dg} = 500mm$$

f) Verificação da velocidade angular da polia

Para verificar a velocidade angular da polia, calcula-se primeiro a relação da transmissão provisoria (i_{vorth}), através da expressão (11) e depois a velocidade angular da polia de maior diâmetro (n_{2vorth}), através da expressão (12):

$$i_{vorth} = \frac{500}{280} = 1,8$$

$$n_{2vorth} = \frac{1485}{1,8} = 830 \text{ RPM}$$

Pelos resultados obtidos pode concluir-se que a velocidade angular da polia maior se encontra no intervalo definido nas condições de serviço.

g) Distância entre centros preliminar

Nas condições de serviço é indicado um intervalo para a distância entre centros, pelo que se assume uma distância estimada de:

$$a = 1400mm$$

h) Comprimento da correia

O comprimento teórico da correia é calculado através da expressão (14):

$$L_{dth} = 4033mm$$

Na tabela da Figura 72 [7] cedida pelo fabricante, estão disponíveis os comprimentos *standard* para correias para a secção seleccionada para esta transmissão, devendo seleccionar-se o valor do comprimento *standard* mais próximo do valor teórico.

Profile SPB	
Datum length ISO L_d [mm]	
1250	3650
1320	3750
1400	3800*
1450	4000
1500	4050*
...	
2360	7500
2391	8000

Figura 72 – Tabela (parcial) dos comprimentos *standard* para correias do tipo SPB

$$L_{dst} = 4000mm$$

Através da Figura 73 [7] é possível visualizar um recorte transversal da secção seleccionada para esta transmissão em estudo.

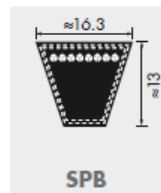


Figura 73 - Recorte da secção transversal SPB

i) Distância entre centros

Tendo em conta que neste caso o comprimento *standard* é menor que o comprimento teórico, a distância entre centros determina-se pela expressão (16) apresentada no capítulo 3.2.:

$$a_{nom} = 1383,5mm$$

j) Tolerâncias para remoção/instalação e tensionamento da correia

As tolerâncias de remoção/instalação e tensionamento da correia obtêm-se por intersecção entre o comprimento da correia e a secção transversal, na tabela apresentada na Figura 33 [7]:

$$MIA = 20mm$$

$$MTA = 45mm$$

k) Velocidade da correia e Taxa Flexão

A velocidade da correia e a taxa de flexão são calculadas através das expressões (17) e (18) respetivamente:

$$v = 21,76 \text{ m/s}$$

$$f_B = 10,85 \text{ s}^{-1}$$

Note-se que ambos os resultados não ultrapassam os valores máximos estipulados para estas variáveis no catálogo da OPTIBELT:

$$v_{max} \approx 55 \text{ m/s}$$

$$f_{Bmax} \approx 100 \text{ s}^{-1}$$

l) Fator de correção para o arco de contacto

O fator de correção para o arco de contacto e o arco de contacto, retiram-se ambos da tabela apresentada na Figura 36 [7], procurando os valores correspondentes ao coeficiente resultante da divisão da diferença entre os diâmetros pela distância entre centros:

$$\beta = 170^\circ$$

$$C_1 = 1,0$$

m) Fator de correção do comprimento da correia

Tendo em conta a secção seleccionada SPB, usa-se a tabela apresentada na Figura 74 [7], onde pelo comprimento *standard* da correia se encontra o fator de correção:

Profile SPB, XPB	
Datum length [mm]	c_3
1250	0.83
...	
3550	1.00
3750	1.01
4000	1.02
4250	1.03
...	
9500	1.16
10000	1.17

Figura 74 – Tabela (parcial) para os fatores de correção do comprimento da correia para a secção do tipo SPB [7]

$$C_3 = 1,02$$

n) Potência Nominal

A potência nominal da transmissão obtém-se através da tabela apresentada na Figura 75 [7], por interseção entre o diâmetro e a velocidade angular da polia menor. Por sua vez, usando a velocidade angular da polia menor e a relação da transmissão obtém-se a potência adicional a somar à potência nominal.



Pulleys	v [m/s]	n _k [min ⁻¹]	Datum diameter of small pulley d _{sk} [mm]														Additional power [kW] per belt for speed					
			140	150	160	180	190	200	212	224	236	250	280	315	355	375	400	1.01 to 1.05	1.06 to 1.26	1.27 to 1.57	1.57	
		100	0.66	0.76	0.85	1.04	1.14	1.23	1.35	1.46	1.57	1.70	1.98	2.30	2.66	2.84	3.07	0.01	0.05	0.07	0.08	
		200	1.21	1.39	1.57	1.94	2.12	2.30	2.51	2.73	2.94	3.19	3.72	4.33	5.02	5.36	5.79	0.01	0.09	0.13	0.16	
			...																			
Bred		1200	5.42	6.42	7.42	8.49	10.57	11.52	12.45	13.77	14.87	16.13	18.74	21.47	24.78	26.24	28.02	0.10	0.42	0.87	1.07	
		1400	5.94	7.01	8.08	10.16	11.19	12.20	13.40	14.57	15.73	17.06	19.80	22.82	26.02	27.51	29.27	0.10	0.66	0.94	1.15	
		1500	6.24	7.38	8.51	10.71	11.79	12.85	14.11	15.34	16.55	17.93	20.78	23.88	27.12	28.62	30.35	0.11	0.71	1.01	1.24	
		1600	6.54	7.73	8.92	11.23	12.36	13.48	14.79	16.07	17.33	18.76	21.69	24.86	28.11	29.58	31.26	0.12	0.76	1.08	1.32	
			...																			
		5400	5.79	6.98	7.76													0.40	2.56	3.63	4.45	
		5500	5.37	6.47	7.14													0.40	2.61	3.70	4.53	

Figura 75 - Tabela (parcial) para a potência nominal e potência adicional para secções do tipo SPB [7]

Para este caso obtém-se a seguinte potência:

$$P_b = 20,63 + 1,24 = 21,87kW$$

o) Número de Correias

O número de correias é calculado pela expressão (19) demonstrada no subcapítulo 3.2.:

$$z = 7,69$$

Arredondando o valor obtido conclui-se que devem ser utilizadas 8 correias nesta transmissão de modo a garantir o tempo de vida útil das correias.

5.1.3. CONTITECH

a) Fator de Serviço

O fator de serviço é determinado na tabela da Figura 39 [8], sabendo o tipo de máquina motora cujo arranque é “star delta start”, que vai trabalhar diariamente 18 horas e que a máquina movida é uma ventoinha com uma potência superior a 7,5 kW:

$$C_2 = 1,3$$

b) Relação da Transmissão

Através da expressão (1) introduzida no capítulo 2 tem-se:

$$i = \frac{1485}{825} = 1,8$$

c) Seleção do diâmetro das polias

Segundo as condições de serviço, o diâmetro da polia menor não pode ser superior a 300mm. Nas tabelas das potências, pode seleccionar-se um diâmetro *standard* para a polia menor inferior ao máximo estipulado:

$$d_{wk} = 280mm$$

O diâmetro da polia maior obtém-se através da equação da relação da transmissão:

$$d_{wg} = 504mm$$

Nas tabelas de potências, o diâmetro *standard* da polia maior mais próximo do obtido é:

$$d_{wg} = 500mm$$

d) Secção Transversal da Correia

Sabendo a velocidade angular e o diâmetro da polia menor é possível determinar a secção utilizando o diagrama da Figura 42 [8]. O tipo de secção obtido é SPB e a potência da correia estimada a partir do eixo das abcissas do diagrama é 22 kW.

e) Distância estimada entre centros

É assumido um valor compreendido no intervalo definido nas condições de serviço:

$$a_{est} = 1400mm$$

f) Comprimento da Correia

O comprimento da correia teórico é obtido através da expressão (22):

$$L_w = 4033,9mm$$

Na tabela de comprimentos *standard* da secção SPB apresentada na Figura 76 [8], selecciona-se o comprimento *standard* mais próximo do valor teórico obtido:

Section SPB

Datum length L_d (mm)

1250	3170
...	...
1500	4000
1600	4060
1700	4250
...	...
2530	7500
2650	8000

Figura 76 - Tabela (parcial) para o comprimento standard para uma secção do tipo SPB [8]

$$L_{St} = 4060mm$$

g) Distância entre centros

O valor exato da distância entre centros pode calcular-se usando a expressão (23):

$$a = 1413$$

h) Arco de contacto em redor da polia de menor diâmetro

O cálculo do arco de contacto em redor da polia de menor diâmetro baseia-se na aplicação da expressão (24), da qual resulta:

$$\beta = 171^\circ$$

i) Tolerâncias para instalação e tensionamento da correia

As tolerâncias para instalação (x) e tensionamento (y) da correia obtêm-se recorrendo às expressões (25) e (26), respetivamente:

$$x = 40,7mm$$

$$y = 223mm$$

Salienta-se que para calcular a tolerância y é necessário saber o valor do fator h que diz respeito à altura da secção e cujo valor se obtém através da tabela apresentada na Figura 78 [8].

Belt section	DIN symbol B.S./ISO symbol	SPZ SPZ	SPA SPA	SPB SPB	SPC SPC
Top belt width $b_o \approx$	mm	9.7	12.7	16.3	22.0
Pitch width b_w	mm	8.5	11.0	14.0	19.0
Bottom belt width b_u	mm	4.0	5.6	7.1	9.3
Height of belt $h \approx$	mm	8	10	13	18
Pitch height $h_w \approx$	mm	2.0	2.8	3.5	4.8
Min. pulley pitch diameter $d_{w \min}^{1)}$	mm	63	90	140	224
Max. flexing frequency $f_{b \max}$	s^{-1}	100	100	100	100
Max. belt speed v_{\max}	m/s	40	40	40	40
Weight per metre	kg/m	0.073	0.100	0.178	0.380
Range of pitch length $L_w^{2)}$					
from	mm	512	647	1250	2000
to	mm	3550	4500	8000	12250
Length differential value from L_w $\Delta L = L_g - L_w$	mm	13	18	22	30

¹⁾ $d_{w \min}$ corresponds to the datum diameter d_d
²⁾ L_w corresponds to the datum length L_d

Figura 77 - Altura da correia CONTI ULTRAFLEX [8]

j) Velocidade da correia e Taxa de Flexão

A velocidade da correia e a taxa de flexão calculam-se através das expressões (27) e (28):

$$v = 21,8 \text{ m/s}$$

$$f_b = 10,7 s^{-1}$$

k) Fatores de correção

O fator de correção do arco de contacto obtém-se na tabela da Figura 47 [8] por correspondência com o coeficiente resultante da divisão da diferença entre os diâmetros das polias pela distância entre centros, ou com o valor do arco de contacto da polia menor. Neste caso tem-se que:

$$C_1 = 0,98$$

O fator de correção do comprimento da correia obtém-se na tabela da Figura 78 [8], tendo por base o comprimento *standard* da correia obtido anteriormente.

L_w	mm	1250	1400	1600	1800	2000	2240	2500	2800	3150	3550	4000	4500	5000	5600	6300	7100	7500	8000
c_3		0.88	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.05	1.07	1.09	1.11	1.12	1.13

Figura 78 –Tabela do fator de correção do comprimento da correia [8]

Neste caso, tem-se por interpolação linear que:

$$C_3 = 1,02$$

l) Potência da Correia

A potência da correia é determinada através da tabela da Figura 79 [8], com base no diâmetro da polia menor, na relação da transmissão e na velocidade angular da polia menor.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

d_{wk} (mm)	i or 1:i	Speed of small pulley n_k (min ⁻¹)																	
		50	100	200	350	500	700	800	950	1200	1450	1600	1800	2000	2500	2850	3500	4000	5000
140.0	1.00	0.36	0.66	1.20	1.93	2.60	3.43	3.82	4.38	5.25	6.04	6.48	7.03	7.52	8.52	9.02	9.43	9.25	7.38
	1.05	0.36	0.67	1.21	1.95	2.64	3.48	3.88	4.45	5.34	6.15	6.60	7.16	7.66	8.70	9.22	9.68	9.53	7.74
	1.20	0.38	0.70	1.29	2.09	2.83	3.76	4.19	4.82	5.81	6.72	7.23	7.86	8.45	9.69	10.34	11.06	11.11	9.71
	1.50	0.39	0.73	1.33	2.17	2.94	3.90	4.36	5.02	6.06	7.02	7.56	8.24	8.87	10.21	10.93	11.78	11.94	10.74
	3.00	0.40	0.74	1.36	2.22	3.02	4.01	4.48	5.17	6.25	7.25	7.81	8.52	9.18	10.60	11.38	12.33	12.56	11.53
...																			
280.0	1.00	1.04	1.96	3.67	6.08	8.35	11.19	12.54	14.47	17.44	20.05	21.44	23.06	24.39	26.31	26.30			
	1.05	1.04	1.96	3.69	6.11	8.38	11.24	12.60	14.54	17.52	20.16	21.55	23.19	24.53	26.49	26.50			
	1.20	1.06	2.00	3.77	6.24	8.58	11.52	12.91	14.91	17.99	20.73	22.18	23.90	25.32	27.47	27.62			
	1.50	1.07	2.02	3.81	6.32	8.68	11.66	13.08	15.11	18.24	21.03	22.52	24.27	25.74	27.99	28.21			
	3.00	1.08	2.04	3.84	6.37	8.76	11.77	13.20	15.26	18.43	21.26	22.77	24.55	26.05	28.38	28.66			
...																			
400.0	1.00	1.60	3.03	5.72	9.48	13.01	17.36	19.38	22.21	26.29	29.50	30.94	32.25	32.77					
	1.05	1.60	3.04	5.73	9.51	13.05	17.41	19.44	22.27	26.38	29.60	31.06	32.38	32.92					
	1.20	1.62	3.08	5.81	9.65	13.24	17.69	19.76	22.65	26.85	30.17	31.69	33.08	33.70					
	1.50	1.63	3.10	5.85	9.72	13.35	17.83	19.92	22.85	27.10	30.47	32.02	33.46	34.12					
	3.00	1.64	3.11	5.88	9.77	13.42	17.94	20.05	22.99	27.29	30.70	32.27	33.74	34.43					

Figura 79 – Tabela (parcial) para a potência da correia [8]

Tem-se então por interpolação linear que a potência da correia é:

$$P_r = 21,71kW$$

Note-se que o valor obtido é bastante próximo do valor da potência que tinha sido estimado inicialmente através do diagrama para correias da Figura 16 [8], que indicava uma potência estimada de 22 kW por correia.

m) Número de Correias

O número de correias é calculado através da expressão (29):

$$z = 7,91$$

Arredondando o valor obtido têm-se que o número de correias indicado para esta transmissão são 8 correias.

n) Confirmação do fator de serviço

Por fim, a CONTITECH aplica um procedimento de verificação do fator de serviço obtido, verificando desta forma se todas as condições iniciais da transmissão em estudo estão a ser respeitadas. Esta confirmação é efetuada através da expressão (30):

$$C_{2er} = 1,3$$

Conclui-se então que o valor obtido é igual ao fator de serviço determinado inicialmente, pelo que as condições de serviço foram cumpridas.

5.1.4. GATES

a) Tempo de vida de serviço da correia

Embora este fabricante se diferencie dos restantes analisados por ter em consideração no respetivo método de seleção da transmissão o fator do tempo de vida da correia, neste caso em específico não é disponibilizada nas condições de serviço a informação necessária para análise deste fator, pelo que não é possível proceder aos cálculos subjacentes.

b) Fator de Serviço

Através da Figura 50 [9] e sabendo pelas condições iniciais que a máquina motora é do tipo “*star delta start*”, que irá trabalhar 18 horas por dia e que a máquina movida é uma ventoinha com mais de 7,5kW, é possível determinar o fator de serviço:

$$C_2 = 1,3$$

c) Potência de Projeto

A potência de projeto é calculada através da expressão (31):

$$P_d = 171,6kW$$

d) Secção Transversal da Correia

Neste caso, é utilizado o diagrama apresentado na Figura 52 [9], de onde se determina, através da velocidade angular da polia de menor diâmetro e da potência de projeto, que o tipo de secção para esta transmissão é do tipo C.

e) Relação da Transmissão

O cálculo da relação da transmissão é baseado na expressão (1) introduzida no capítulo 2:

$$i = 1,8$$

f) Diâmetro das polias

Considerando a informação das condições iniciais de que a polia menor não pode ter um diâmetro superior a 300mm e recorrendo à tabela dos diâmetros *standard* das Figuras 55 e 56 [9], opta-se por um diâmetro inferior a 300mm, tendo em conta o tipo de secção C:

$$d = 250mm$$

Através da equação da relação da transmissão, obtém-se o diâmetro da polia maior:

$$D = 450mm$$

Na tabela das Figuras 57 e 58 [9] pode confirmar-se se a interseção entre os valores dos diâmetros obtidos corresponde à relação da transmissão obtida anteriormente. Para o caso em análise, pode concluir-se que os diâmetros assumidos estão corretos.

g) Velocidade da correia

Através da expressão (32) é possível determinar a velocidade da correia:

$$v = \frac{d_{d1} \times n_1}{19100} = 19,4m/s$$

Saliente-se que a GATES estipula que a velocidade não deve ser superior a 30 m/s, caso contrário será necessário usar polias dinamicamente balanceadas.

h) Distância entre centros e Comprimento da correia

Partindo das condições iniciais, assume-se uma distância entre centros preliminar compreendida no intervalo definido:

$$TCD = 1400mm$$

O comprimento teórico da correia calcula-se com base na expressão (34):

$$TBL = 3906mm$$

Para obter o comprimento *standard* da correia e a respetiva referência deve recorrer-se à tabela da Figura 103 [9], cedida no catálogo do fabricante para secções do tipo C, e escolher o valor do comprimento mais próximo do valor teórico:

C		22 mm	
ISO belt ref.	Datum length mm ISO	ISO belt ref.	Datum length mm ISO
C-42	1145	C-130	3375
...			
C-53	1420	C-147	3905
C-54	1445	C-153	3960
C-55	1470	C-158	4085
...			
C-92	2410	C-300	7640
C-93	2435	C-330	8405

Figura 80 – Tabela (parcial) para os comprimentos Standard para secções do tipo C [9]

$$L_{St} = 3960mm$$

A este valor de comprimento *standard* equivale uma referência de:

$$Ref.^a : C - 153$$

O valor da distância entre centros é determinado através da expressão (35), a qual depende do fator h . Por sua vez, o fator h obtém-se na tabela da Figura 60 [9] por interpolação linear tendo por base o coeficiente obtido pela expressão (36):

$$h = 0,0275$$

$$a_{nom} = 1427,75mm$$

Pode verificar-se que o valor da distância entre centros está compreendido no intervalo indicado nas condições iniciais.

i) Número de correias

Para chegar ao número de correias que deve ser utilizado, é necessário obter primeiro o valor da potência básica à qual estão associadas a potência adicional para o tempo de vida útil da correia e a potência adicional para a relação da transmissão, cujos valores uma vez determinados, são somados à potência básica.

Neste caso específico não existe informação sobre o tempo de serviço da correia, não se aplicando o fator da potência adicional para o tempo de vida útil da correia.

O cálculo da potência básica final resulta da soma entre a potência básica e um fator adicional para a relação da transmissão. A primeira é obtida pela interseção entre a velocidade angular e o diâmetro da polia menor na tabela da Figura 81 [9]; o segundo é obtido pela interseção entre a velocidade angular da polia menor e a relação da transmissão na tabela da Figura 82 [9].

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

RPM of faster shaft	180	190	200	212	224	236	250	265	280	300	315	335	355	375	400	425
585	4.69	5.22	5.74	6.37	6.99	7.60	8.32	9.07	9.82	10.81	11.55	12.51	13.47	14.42	15.58	16.73
700	5.40	6.02	6.63	7.36	8.08	8.80	9.63	10.51	11.38	12.52	13.37	14.48	15.58	16.66	17.98	19.28
725	5.55	6.19	6.82	7.57	8.31	9.05	9.90	10.81	11.70	12.88	13.75	14.89	16.02	17.12	18.48	19.81
870	6.38	7.12	7.86	8.73	9.60	10.45	11.44	12.48	13.51	14.86	15.85	17.15	18.42	19.66	21.18	22.64
950	6.81	7.61	8.40	9.34	10.27	11.18	12.24	13.35	14.44	15.88	16.93	18.30	19.64	20.94	22.52	24.04
1160	7.86	8.80	9.72	10.81	11.89	12.95	14.16	15.44	16.68	18.30	19.48	20.99	22.46	23.86	25.53	27.09
1450	9.10	10.21	11.29	12.56	13.81	15.02	16.41	17.84	19.22	20.98	22.24	23.84	25.33	26.71	28.27	29.66
1750	10.13	11.37	12.58	14.00	15.36	16.68	18.16	19.66	21.09	22.85	24.07	25.55	26.86	27.98	29.11	29.93
2850	11.35	12.72	13.97	15.33	16.52	17.53	18.47	19.19								
3450	9.99	11.10	12.02	12.88												

Figura 81 - Tabela da potência básica para a secção do tipo C [9]

RPM of faster shaft	1 to 1.01	1.02 to 1.03	1.04 to 1.06	1.07 to 1.08	1.09 to 1.12	1.13 to 1.16	1.17 to 1.22	1.23 to 1.32	1.33 to 1.5	>1.5
585	0.00	0.06	0.11	0.17	0.22	0.28	0.33	0.39	0.44	0.50
700	0.00	0.07	0.13	0.20	0.26	0.33	0.40	0.46	0.53	0.59
725	0.00	0.07	0.14	0.21	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.61
870	0.00	0.08	0.16	0.25	0.33	0.41	0.49	0.57	0.66	0.74
950	0.00	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.54	0.63	0.72	0.81
1160	0.00	0.11	0.22	0.33	0.44	0.55	0.66	0.78	0.87	0.98
1450	0.00	0.14	0.27	0.41	0.55	0.68	0.82	0.96	1.09	1.23
1750	0.00	0.17	0.33	0.50	0.66	0.82	0.99	1.15	1.32	1.48
2850	0.00	0.27	0.54	0.81	1.07	1.34	1.61	1.88	2.15	2.42
3450	0.00	0.33	0.65	0.98	1.30	1.63	1.95	2.27	2.60	2.93

Figura 82 - Tabela da potência adicional da relação da transmissão para a secção do tipo C [9]

Feitas as interpolações lineares necessárias obtém-se a seguinte potência básica:

$$P_b = 16,61 + 1,25 = 17,87kW$$

A tabela da Figura 65 [9] permite determinar o fator de correção do arco de contacto, após cálculo do coeficiente que resulta da divisão da diferença entre os diâmetros das polias pela distância entre centros:

$$G = 0,97$$

Para o fator de correção para o comprimento da correia, o fabricante disponibiliza várias tabelas que dependem do tipo de secção. A tabela aplicável a este caso é a da Figura 83 [9].

Belt ref.	ISO datum length mm	Corr. factor C_L	Belt ref.	ISO datum length mm	Corr. factor C_L
C-42	1145	0.74	C-108	2815	0.94
...					
C-68	1800	0.84	C-147	3805	1.01
C-70	1850	0.85	C-153	3960	1.02
C-71	1875	0.85	C-158	4085	1.03
...					
C-102	2665	0.93	C-300	7640	1.17
C-104	2715	0.93	C-330	8405	1.19
C-105	2740	0.94			

Figura 83 - Tabela (parcial) do fator de correção para o comprimento da correia para a secção do tipo C [9]

Para o valor do comprimento *standard* obtido, sabe-se que o valor do fator é:

$$C_L = 1,02$$

Por fim, o número de correias obtém-se pela expressão (37):

$$N = 9,8$$

O valor absoluto imediatamente superior é 10, sendo este o número ideal de correias a utilizar.

j) Tolerâncias de instalação/remoção e tensionamento

Por último, são determinadas as tolerâncias de instalação/remoção (*MIA*) e tensionamento (*MTA*) da correia, cujos valores se procuram na tabela da Figura 66 [9] tendo em conta a secção do Tipo C e o comprimento *standard*. Para este caso de estudo, obtém-se:

$$MIA = 50mm$$

$$MTA = 55mm$$

5.2. Caso de Estudo 2

As condições de serviço para a transmissão em questão são as seguintes: [8]

Tabela 3 - Condições de Serviço para o Caso de Estudo 2

Máquina Impressora		
Máquina Motora	Condições de Serviço	Máquina Movida
<ul style="list-style-type: none"> Motor a Diesel; Potência: 50 kW; Velocidade angular da polia de menor diâmetro: 2400 min⁻¹. 	<ul style="list-style-type: none"> Distância entre centros: Opcional; Tempo de operação diário: 24 horas. 	<ul style="list-style-type: none"> “Stand by power unit”; Velocidade angular da polia de maior diâmetro: 1500 min⁻¹; Diâmetro da polia maior ≤ 240 mm.

5.2.1. SKF

Considera-se a mesma metodologia do Caso de Estudo 1.

a) Fator de Serviço

A máquina motora é um motor de combustão interna à qual corresponde um arranque suave segundo a Figura 6 [6]. Considerando que trabalha 24 horas por dia, a partir da Figura 7 [6] obtém-se:

$$C_2 = 1,3$$

b) Potência de Projeto

A potência de projeto é calculada através da expressão (2):

$$P_d = 50 \times 1,3 = 65 \text{ kW}$$

c) Secção Transversal da correia

Através do diagrama apresentado na Figura 10 [6], com o valor da velocidade angular da polia menor e da potência de projeto, a secção selecionada para esta transmissão é do tipo XPA.

d) Relação da Transmissão

Utilizando a expressão (1) apresentada no capítulo 2, obtém-se a relação da transmissão:

$$Ir = \frac{n_1}{n_2} = \frac{2400}{1500} = 1,6$$

e) Diâmetros das polias

Tal como no Caso de Estudo 1, também não é possível aplicar o primeiro método apresentado pela SKF para determinação dos diâmetros devido à não existência de informação sobre a distância entre centros nas condições de serviço.

Optando-se pelo método tradicional e sabendo que o diâmetro da polia maior não deve ser superior a 240mm e que o tipo de secção é XPA, na tabela da Figura 14 [6] selecciona-se um diâmetro *standard* inferior ao máximo indicado:

$$D = 236mm$$

Sabendo os valores da relação da transmissão e do diâmetro da polia maior, através da tabela da Figura 18 [6] determina-se o valor do diâmetro da polia menor. Na tabela, o valor da relação mais próxima à obtida é 1,57 pelo que o diâmetro da polia menor correspondente é:

$$d = 150mm$$

f) Distância entre centros preliminar

Nas condições iniciais não existe referência ou condição para estimar a distância entre centros. Desta forma, a distância entre centros é estimada através da expressão (3), da qual resulta um intervalo no qual a distância estimada deverá estar compreendida:

$$270,2 < CC_p < 772$$

Escolhendo um valor no intervalo pretendido, tem-se então que:

$$CC_p = 400mm$$

g) Comprimento da correia

O comprimento teórico da correia é calculado através da expressão (4):

$$L_d = 1410,6mm$$

Obtido o valor teórico, é então possível determinar o comprimento *standard*, escolhendo o valor mais próximo do primeiro, na tabela da Figura 84 [6] correspondente à secção XPA.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Section	Dimensions Pitch length			Designation
		w	h	
—	mm			—
XPA	1 282	12,7	10	PHG XPA1282
	1 307	12,7	10	PHG XPA1307
	...			
	1 357	12,7	10	PHG XPA1357
	1 400	12,7	10	PHG XPA1400
	1 482	12,7	10	PHG XPA1482
	...			
	3 350	12,7	10	PHG XPA3350
	3 550	12,7	10	PHG XPA3550

Figura 84 - Tabela (parcial) de comprimentos *standard* para a secção do tipo XPA [6]

Pela mesma tabela obtém-se simultaneamente a referência da correia:

$$L_{St} = 1400mm$$

$$Ref.^a : PHG XPA1400$$

h) Distância entre Centros

A distância entre centros exata calcula-se com base na expressão (5), que implica que se calcule primeiro o fator a através da expressão (6):

$$a = 1587,3$$

$$CC = 394,5mm$$

i) Potência básica da correia

Para determinar a potência básica da correia, é apresentada a tabela da Figura 48 [6], da qual se obtém uma potência através da interseção entre o diâmetro e a velocidade angular da polia menor e um fator adicional a somar à potência, através da interseção entre a velocidade angular da polia menor e a relação da transmissão:

Faster shaft speed	Rated power per belt for small pulley datum diameter [mm]										Additional power per belt for speed ratio						
	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	180	200	1.00 to 1.05	1.06 to 1.24	1.25 to 1.59	> 1.59
n/min	kW										kW						
100	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.55	0.59	0.64	0.70	0.76	0.88	1.00	0.00	0.01	0.02	0.03
...																	
2 400	5.28	5.74	6.31	6.93	7.62	8.27	8.94	9.75	10.59	12.01	13.05	15.06	16.99	0.08	0.36	0.59	0.70
2 500	5.38	5.96	6.53	7.21	7.89	8.56	9.33	10.09	10.95	12.40	13.47	15.53	17.30	0.08	0.37	0.62	0.73
2 600	5.73	6.35	6.96	7.69	8.41	9.12	9.94	10.75	11.67	12.78	13.88	15.99	17.99	0.09	0.39	0.64	0.76
...																	
7 200	10.11	11.16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.24	1.07	1.78	2.11
7 300	10.11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	1.09	1.81	2.13

Figura 85 - Tabela (parcial) da potência básica e potência adicional para a secção do tipo XPA [6]

$$P_b = 12,01 + 0,70 = 12,71 kW$$

j) Fatores de Correção

O fator de correção do comprimento da correia, obtém-se na tabela da Figura 23 (a) [6], pela interseção entre a secção XPA e o comprimento *standard* da correia:

$$C_1 = 0,91$$

O fator de correção do arco de contacto é determinado na tabela da Figura 23 (b) [6], sabendo o coeficiente resultante da divisão da diferença entre os diâmetros pela distância entre centros, o qual ascende a:

$$\frac{236 - 150}{394,5} = 0,22$$

Para o coeficiente obtido, correspondem os seguintes valores de arco de contacto da polia menor e fator de correção do arco de contacto, respetivamente:

$$\beta = 168^\circ$$

$$C_3 = 0,97$$

k) Potência da Correia

O cálculo da potência da correia tem por base a expressão (7), que aplicada ao presente caso se traduz em:

$$P_r = 12,71 \times 0,97 \times 0,91 = 11,22 \text{ kW}$$

l) Número de Correias

O número de correias é determinado por aplicação da expressão (8):

$$N = \frac{65}{11,22} = 5,8$$

O valor obtido deverá ser arredondado para o valor absoluto imediatamente superior, pelo que deve optar-se por 6 correias, garantindo assim o tempo de vida útil das correias.

m) Tolerâncias para remoção/instalação e tensionamento da correia

Para determinar as tolerâncias de instalação e tensionamento, recorre-se à tabela da Figura 24 [6] e através da secção da correia do tipo XPA e do comprimento *standard*, tem-se:

$$MIA = 25mm$$

$$MTA = 35mm$$

5.2.2. OPTIBELT

a) Fator de Serviço

Sabendo que a máquina motora é de combustão interna, tem velocidade angular superior a 600rpm, trabalha 24 horas por dia e que a máquina movida é do tipo “*stand by power unit*”, através da Figura 25 [7] sabe-se o fator de serviço:

$$C_2 = 1,3$$

b) Potência de Projeto

Aplicando a expressão (9), determina-se a potência de projeto:

$$P_d = 50 \times 1,3 = 65kW$$

c) Secção Transversal da Correia

Não existindo nenhuma restrição para a transmissão em estudo no que respeita à secção transversal a escolher para a correia, opta-se pelo diagrama da Figura 27 [7]. Neste caso, a secção seleccionada é do tipo SPA.

d) Relação da Transmissão

Através da expressão (1), é possível determinar a relação da transmissão:

$$i = \frac{2400}{1500} = 1,6$$

e) Diâmetro das Polias

A polia maior não pode ter um diâmetro superior a 240mm, pelo que recorrendo à Figura 31 [7] que representa uma tabela de diâmetros *standard* das polias, selecciona-se um diâmetro para a polia maior inferior ao máximo definido:

$$d_{dg} = d_{d2} = 225mm$$

O diâmetro da polia menor obtém-se através da equação da relação da transmissão:

$$d_{dk} = d_{d1} = 140mm$$

Consultando novamente a Figura 31 [7], selecciona-se o diâmetro *standard* mais próximo do calculado anteriormente.

$$d_{d1} = 140mm$$

f) Verificação da velocidade angular da polia

Utilizando a expressão (11) e (12) é possível verificar se a velocidade angular da polia, e consequentemente os diâmetros, respeitam as condições de serviço da transmissão:

$$i_{vorth} = \frac{225}{140} = 1,61$$

$$n_{2vorth} = \frac{2400}{1,61} = 1490 \text{ RPM}$$

Os resultados obtidos são próximos dos indicados nas condições de serviço iniciais.

g) Distância entre centros preliminar

Utilizando a expressão (13) obtém-se as condições limites que definem o intervalo no qual a distância entre centros preliminar deverá estar compreendida:

$$255,5mm < a < 730mm$$

Considerando o intervalo definido, a distância entre centros estimada pode ser:

$$a = 500mm$$

h) Comprimento da correia

O comprimento teórico calcula-se com base na expressão (14):

$$L_{dth} = 1576,7mm$$

O comprimento *standard* da correia, obtém-se na tabela da Figura 86 [7] que apresenta os comprimentos *standard* disponíveis para a secção transversal do tipo SPA, procurando o valor *standard* mais próximo do valor teórico:

Profile SPA			
Datum length ISO L_d [mm]			
732	1382	2120	3350
...			
832	1482	2240	4250
850	1500	2282	4500
857	1507	2300	
...			
900	1557	2332	
907	1582	2360	
932	1600	2382	

Figura 86 – Tabela (parcial) dos comprimentos standard para a secção do tipo SPA [7]

$$L_{dst} = 1582mm$$

Na Figura 87 [7] é possível visualizar um recorte transversal da secção transversal do tipo SPA.



Figura 87 - Secção transversal do tipo SPA

i) Distância entre centros

Tendo em conta que valor do comprimento *standard* é superior ao valor do comprimento teórico, utiliza-se a expressão (15) para determinar a distância entre centros:

$$a_{nom} = 502,65mm$$

j) Tolerâncias para remoção/instalação e tensionamento da correia

Com o valor do comprimento *standard* e sabendo que a secção é do tipo SPA, é possível através da tabela da Figura 33 [7], obter os valores das tolerâncias para remoção/instalação e tensionamento da correia:

$$MIA = 20mm$$

$$MTA = 25mm$$

k) Velocidade da correia e Taxa Flexão

A velocidade da correia e a taxa de flexão são obtidas através das expressões (17) e (18), respetivamente:

$$v = 17,6m/s$$

$$f_B = 22,25 \text{ s}^{-1}$$

Tendo presentes os máximos estipulados pela OPTIBELT:

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

$$v_{max} \approx 55 \text{ m/s}$$

$$f_{Bmax} \approx 100 \text{ s}^{-1}$$

Pode concluir-se que os valores obtidos são inferiores aos máximos estipulados.

l) Fator de correção para o arco de contacto

O fator de correção para o arco de contacto obtém-se calculando o coeficiente e procurando na Figura 36 [7], os valores correspondentes do arco de contacto e do fator de correção para o arco de contacto:

$$\frac{d_{d2} - d_{d1}}{a_{nom}} = 0,17$$

Para o coeficiente obtido, correspondem os seguintes valores:

$$\beta = 170^\circ$$

$$C_1 = 1,0$$

m) Fator de correção do comprimento da correia

O fator de correção do comprimento da correia, obtém-se na tabela da Figura 64 [7], tendo por base o comprimento *standard* da correia, calculado anteriormente:

Profile SPA, XPA	
Datum length [mm]	c_s
800	0.81
...	
1400	0.90
1500	0.91
...	
6000	1.15

Figura 88 - Tabela (parcial) do fator de correção do comprimento da correia para a secção do tipo SPA [7]

$$C_1 = 0,92$$

n) Potência Básica

A potência básica da correia obtém-se na tabela da Figura 65 [7], de onde se retira também o fator adicional a acrescentar à potência básica.

Pulleys v [m/s]	n_k [min ⁻¹]	Datum diameter of small pulley d_d [mm]															Additional power [kW] per belt for speed ratio i			
		90	100	112	118	125	132	140	150	160	180	200	224	250	280	315	to 1.05	to 1.26	to 1.57	≥ 1.57
	100	0.23	0.30	0.37	0.40	0.45	0.49	0.54	0.60	0.65	0.77	0.89	1.03	1.18	1.35	1.55	0.00	0.02	0.03	0.04
	200	0.42	0.54	0.68	0.75	0.83	0.91	1.00	1.11	1.22	1.45	1.67	1.94	2.22	2.55	2.92	0.01	0.04	0.06	0.07
...																				
	2000	2.78	3.05	3.11	3.78	4.44	5.14	5.98	6.89	7.88	11.68	13.92	15.28	17.84	18.87	20.58	0.68	0.58	0.78	0.86
	2400	2.85	3.96	5.26	5.90	6.63	7.36	8.17	9.15	10.12	11.95	13.67	15.57	17.39	19.17	20.77	0.08	0.52	0.73	0.90
	2500	2.92	4.07	5.41	6.07	6.82	7.58	8.39	9.41	10.39	12.26	14.00	15.90	17.70	19.41	20.87	0.08	0.54	0.78	0.94
...																				
	6900	2.19	3.80	5.27	5.79	6.22											0.23	1.49	2.11	2.58
	7000	2.07	3.66	5.07	5.56	5.94											0.23	1.51	2.14	2.62

Figura 89 - Tabela (parcial) da potência básica e o fator adicional para a secção do tipo SPA [7]

Somando os dois valores obtidos, tem-se então a potência básica da correia:

$$P_b = 8,17 + 0,90 = 9,07kW$$

o) Número de Correias

O cálculo do número de correias é efetuado com base na expressão (19):

$$z = 7,79$$

Arredondando o valor obtido, sabe-se que devem ser utilizadas 8 correias de modo a garantir o tempo de vida útil das correias em uso.

5.2.3. CONTITECH

a) Fator de Serviço

Tendo em conta que se trata de uma máquina *diesel*, que trabalha 24 horas por dia e que a máquina movida é do tipo “*stand by power unit*”, recorre-se à Figura 39 [8] e tem-se que o valor do fator de serviço é:

$$C_2 = 1,3$$

b) Relação da Transmissão

Aplicando a expressão (1) obtém-se o valor da relação da transmissão em estudo:

$$i = \frac{2400}{1500} = 1,6$$

c) Diâmetros das polias

O diâmetro da polia maior não pode ser superior a 240mm, pelo que através das tabelas de potências das correias, é possível seleccionar um diâmetro *standard* inferior a 240mm:

$$d_{dg} = 224mm$$

Através da equação da relação da transmissão é possível determinar diâmetro em falta:

$$d_{dk} = 140mm$$

d) Secção Transversal da Correia

Neste caso, opta-se pela utilização do diagrama para correias do tipo “CONTI FO-Z” da Figura 41 [8], no qual se determina uma secção transversal do tipo XPB.

Pelo eixo das abcissas do diagrama, é possível estimar um valor para a potência da correia entre os 15kW e 16 kW.

e) Distância entre centros preliminar

Para estimar a distância entre centros é necessário calcular os limites que definem o intervalo estipulado pela CONTITECH, segundo a expressão (21).

$$254,8 \leq a_{est} \leq 728$$

Para o intervalo definido, estima-se um valor que respeite as condições:

$$a_{est} = 500mm$$

f) Comprimento da correia

O valor do comprimento teórico, advém da expressão (22):

$$L_w = 1575,3mm$$

Partindo do valor teórico segue-se a determinação do valor *standard* do comprimento da correia. Para a secção XPB, a tabela adequada para consulta corresponde à da Figura 90 [8], onde se deve seleccionar o valor *standard* mais próximo do valor teórico:

Section XPB	
Datum length L_d (mm)	
1250	2240
1320	2360
1400	2500
1500	2650
1600	2800
1700	3000
1800	3150
1900	3350
2000	3550
2120	

Figura 90 – Tabela dos Comprimentos Standard para a secção do tipo XPB [8]

$$L_{St} = 1600mm$$

g) Distância entre centros

A distância entre centros é obtida utilizando a expressão (23):

$$a = 512mm$$

h) Arco de contacto em redor da polia de menor diâmetro

O cálculo do arco de contacto em redor da polia de menor diâmetro traduz-se na aplicação da expressão (24):

$$\beta = 172^\circ$$

i) Tolerâncias para instalação e tensionamento da correia

Para determinar as tolerâncias para instalação e tensionamento da correia, recorre-se às expressões (25) e (26) respetivamente.

Para o cálculo da tolerância de instalação, é necessário determinar a altura da secção, cujo valor se obtém através da tabela apresentada na Figura 91 [8].

Standard		DIN 2215/ISO 4184			DIN 7753 Part 1/ISO 4184			
Belt section	DIN symbol B.S./ISO symbol	5	6	8	XPZ SPZ	XPA SPA	XPB SPB	XPC SPC
Top belt width $b_o \approx$	mm	5	6	8	10	13	16.5	22
Pitch width b_w	mm	4.2	5.3	6.7	8.5	11.0	14.0	19.0
Height of belt $h \approx$	mm	3	4	5	8	9	13	17
Pitch height $h_w \approx$	mm	1.3	1.6	2.0	2.0	2.8	3.5	4.8
Min. pulley pitch diameter $d_{w \min}^{1)}$	mm	16	20	31.5	50	63	100	160
Max. flexing frequency $f_{B \max}$	s^{-1}	120	120	120	120	120	120	120
Max. belt speed v_{\max}	m/s	50	50	50	50	50	50	50
Weight per metre	kg/m	0.015	0.023	0.041	0.072	0.112	0.192	0.370
Range of pitch length $L_w^{2)}$								
from	mm	171	285	171	590	590	1250	2000
to	mm	611	865	611	3550	3550	3550	3550
Length differential value from L_w $\Delta L = L_w - L_d$	mm	11	15	19	–	–	–	–

¹⁾ $d_{w \min}$ corresponds to the datum diameter d_d

²⁾ L_w corresponds to the datum length L_d

Figura 91 – Tabela de alturas das correias CONTI FO-Z

$$x = 16mm$$

$$y = 99,6mm$$

j) Velocidade da correia e Taxa de flexão

A velocidade da correia e a taxa de flexão são determinadas através das expressões (27) e (28), das quais advém:

$$v = 17,6 m/s$$

$$f_b = 22s^{-1}$$

k) Fatores de correção

O valor do arco de contato da polia menor calculado anteriormente, serve de referência na tabela da Figura 47 [8], para obter o fator de correção correspondente.

$$C_1 = 0,98$$

O fator de correção do comprimento da correia retira-se da tabela da Figura 92 [8], aplicável a secções do tipo XPB, tendo por base o comprimento *standard*:

L _w mm	1250	1320	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2120	2240	2360	2500	2650	2800	3000	3350	3550
c ₃	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.99	1.00

Figura 92 - Fator de correção do comprimento da correia

$$C_3 = 0,87$$

l) Potência da correia

Inicialmente, a potência da correia foi estimada através do diagrama apresentado na Figura 41 [8], tendo-se obtido uma estimativa entre os 15kW e 16kW. Para confirmar o valor exato, recorre-se à tabela da Figura 93 [8], utilizando os valores da velocidade angular e diâmetro da polia menor e o da relação da transmissão.

d _{pk} (mm)	l or 1:1	Speed of small pulley n ₁ (min ⁻¹)																	
		100	200	400	700	800	950	1200	1450	1600	1800	2000	2200	2400	2850	3200	3600	4500	6000
100.0	1.00	0.53	0.93	1.65	2.65	2.97	3.43	4.18	4.88	5.29	5.82	6.33	6.83	7.30	8.29	8.99	9.70	10.98	11.88
	1.05	0.53	0.94	1.67	2.69	3.01	3.48	4.24	4.96	5.38	5.92	6.44	6.94	7.43	8.44	9.16	9.90	11.21	12.20
	1.20	0.56	0.99	1.79	2.89	3.24	3.76	4.59	5.38	5.84	6.44	7.02	7.58	8.12	9.26	10.08	10.94	12.52	13.93
	1.50	0.58	1.02	1.85	3.00	3.37	3.90	4.77	5.60	6.09	6.71	7.32	7.91	8.49	9.70	10.57	11.49	13.20	14.85
	3.00	0.59	1.05	1.90	3.08	3.46	4.01	4.91	5.77	6.27	6.92	7.55	8.17	8.76	10.03	10.94	11.90	13.72	15.54
...																			
140.0	1.00	0.91	1.67	3.09	5.08	5.72	6.66	8.18	9.64	10.49	11.58	12.64	13.66	14.63	16.67	18.08	19.51	21.88	22.73
	1.05	0.92	1.68	3.11	5.12	5.77	6.72	8.25	9.72	10.57	11.68	12.74	13.77	14.76	16.82	18.25	19.70	22.12	23.05
	1.20	0.95	1.74	3.22	5.32	6.00	6.99	8.59	10.14	11.03	12.20	13.32	14.41	15.45	17.64	19.18	20.74	23.42	24.78
	1.50	0.96	1.77	3.29	5.43	6.12	7.13	8.78	10.36	11.29	12.47	13.63	14.74	15.82	18.09	19.67	21.29	24.11	25.71
	3.00	0.98	1.79	3.33	5.51	6.21	7.24	8.91	10.52	11.46	12.68	13.86	15.00	16.10	18.40	20.03	21.71	24.62	26.31
...																			
280.0	1.00	2.23	4.20	7.95	13.25	14.94	17.41	21.31	24.95	26.99	29.54	31.85	33.93	35.75	38.78	40.02	40.07		
	1.05	2.23	4.21	7.97	13.29	14.98	17.46	21.38	25.03	27.08	29.63	31.96	34.05	35.87	38.93	40.19	40.26		
	1.20	2.26	4.27	8.09	13.49	15.22	17.73	21.73	25.45	27.54	30.15	32.54	34.68	36.57	39.76	41.11	41.30		
	1.50	2.28	4.30	8.15	13.60	15.34	17.88	21.91	25.67	27.79	30.43	32.84	35.02	36.93	40.19	41.60	41.85		
	3.00	2.29	4.32	8.20	13.68	15.43	17.99	22.05	25.84	27.97	30.63	33.07	35.27	37.21	40.52	41.97	42.27		

Figura 93 – Tabela (parcial) para a potência da correia para a secção do tipo XPB [8]

Através de interpolações lineares, obtém-se a potência da correia:

$$P_r = 15,84kW$$

Conclui-se assim que o valor obtido se encontra muito próximo da estimativa inicial.

m) Número de correias

O número de correias é calculado segundo a expressão (29):

$$z = 4,81$$

Arredondando o valor, sabe-se que devem ser utilizadas 5 correias na transmissão em estudo.

n) Confirmação do fator de serviço

A confirmação do fator de serviço é baseada na expressão (30), da qual se obtém:

$$C_{2er} = 1,3$$

Conclui-se que o valor obtido é igual ao calculado inicialmente, pelo que as condições iniciais foram cumpridas.

5.2.4. GATES

a) Tempo de vida de serviço da correia

Tal como no Caso de Estudo 1, não é indicada informação sobre o tempo de vida da correia.

b) Fator de Serviço

Através da Figura 50 [9] e sabendo pelas condições iniciais que a máquina motora é um motor *diesel*, que irá trabalhar 24 horas por dia e que a máquina movida é do género “*stand by power unit*”, é possível determinar o fator de serviço:

$$C_2 = 1,3$$

c) Potência de Projeto

A potência de projeto é determinada através da expressão (31):

$$P_d = 65kW$$

d) Secção Transversal da Correia

Para seleccionar a secção transversal da correia, é utilizado o diagrama da Figura 51 [9], concluindo-se que a secção é do tipo XPA.

e) Relação da Transmissão

O cálculo da relação da transmissão baseia-se na expressão (1):

$$i = 1,6$$

f) Diâmetro das polias

O diâmetro da polia maior não pode ser superior a 240mm, pelo que na tabela de medidas *standard* de polias das Figuras 55 e 56 [9], deve seleccionar-se um diâmetro *standard* inferior a 240mm:

$$D = 224mm$$

Através da equação da relação da transmissão, é possível obter o diâmetro da polia menor:

$$d = 140mm$$

O valor obtido pode ser confirmado na tabela das Figuras 57 e 58 [9], pela interseção do diâmetro maior com a relação da transmissão.

g) Velocidade da correia

Através da expressão (32) é possível determinar a velocidade da correia, atendendo ao facto de que o seu valor não deve ser superior a 30m/s, tal como mencionado anteriormente:

$$v = 17,6m/s$$

h) Distância entre centros e Comprimento da correia

A distância estimada entre centros é calculada segundo a expressão (33):

$$TCD = 322mm$$

O valor teórico do comprimento da correia baseia-se na expressão (34):

$$TBL = 1221mm$$

A Figura 94 [9] ilustra a tabela de comprimentos correspondente à secção XPA, onde procurando o valor mais próximo do comprimento teórico, se obtém o comprimento *standard* e respetiva referência:

XPA	
Belt reference	Datum length
ISO	mm ISO
XPA 747	747
...	...
XPA 1207	1207
XPA 1215	1215
XPA 1232	1232
...	...
XPA 1532	1532
XPA 1550	1550

Figura 94 - Tabela (parcial) para comprimentos standard para a secção do tipo XPA [8]

$$L_{St} = 1215mm$$

$$Ref.^a: XPA 1215$$

A distância entre centros exata, é obtida através da expressão (35), que implica a determinação do fator h . Por sua vez, o valor deste fator é obtido na tabela da Figura 60 [9], por correspondência com o valor do coeficiente que resulta da divisão da diferença entre os diâmetros pelo fator F , cujo valor se obtém pela fórmula (36):

$$h = 0,66$$

$$a_{nom} = 294mm$$

i) Número de correias

Para obter o número de correias a utilizar, é necessário obter primeiro o valor da potência básica, à qual está associado um fator representativo do tempo de vida útil da correia e um fator adicional dependente da relação da transmissão.

Tendo em conta que neste caso não existe informação sobre as horas de funcionamento da correia, o fator do tempo de vida útil da correia não é aplicável.

Para o cálculo da potência básica, recorre-se à tabela de potências para secções XPA, apresentada na Figura 95 [9]. Na tabela da Figura 96 [9], obtém-se o fator adicional dependente da relação da transmissão a somar à potência obtida anteriormente.

RPM of faster shaft	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	170	180	190	200
100	0.30	0.34	0.38	0.42	0.45	0.50	0.54	0.59	0.64	0.69	0.75	0.83	0.90	0.97	1.05	1.12	1.19
200	0.56	0.63	0.71	0.78	0.85	0.94	1.03	1.11	1.21	1.32	1.43	1.57	1.71	1.86	2.00	2.14	2.28
...																	
2300	4.58	5.30	6.02	6.73	7.43	8.27	9.10	9.93	10.89	11.83	12.90	14.23	15.53	16.81	18.07	19.31	20.52
2400	4.74	5.49	6.23	6.97	7.70	8.57	9.44	10.29	11.28	12.26	13.37	14.74	16.08	17.40	18.70	19.97	21.22
2500	4.90	5.68	6.44	7.21	7.97	8.87	9.76	10.65	11.67	12.69	13.83	15.24	16.62	17.98	19.31	20.62	21.90
...																	
5800	8.80	10.30	11.76	13.18	14.55	16.15	17.69										
6000	8.95	10.48	11.96	13.40	14.80	16.41											

Figura 95 - Tabela (parcial) de potências básicas para secções do tipo XPA [8]

RPM of faster shaft	1 to 1.01	1.02 to 1.03	1.04 to 1.05	1.06 to 1.08	1.09 to 1.11	1.12 to 1.15	1.16 to 1.2	1.21 to 1.28	1.29 to 1.44	>1.44
100	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
200	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
...										
2300	0.00	0.07	0.14	0.20	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.61
2400	0.00	0.07	0.14	0.21	0.28	0.36	0.43	0.50	0.57	0.64
2500	0.00	0.07	0.15	0.22	0.30	0.37	0.44	0.52	0.59	0.67
...										
5800	0.00	0.17	0.34	0.52	0.69	0.86	1.03	1.20	1.38	1.55
6000	0.00	0.18	0.36	0.53	0.71	0.89	1.07	1.25	1.42	1.60

Figura 96 - Tabela (parcial) do fator adicional dependente da relação da transmissão [8]

Tem-se então que a potência básica é igual a:

$$P_b = 13,37 + 0,64 = 14,01kW$$

O fator de correção do arco de contacto obtém-se na tabela da Figura 65 [9]:

$$G = 0,96$$

O fator de correção do comprimento da correia obtém-se na tabela da Figura 97 [9], tendo por base o comprimento *standard* da correia:

Belt ref.	ISO datum length mm	Corr. factor C_L
XPA-800	800	0.82
...		
XPA-1180	1180	0.89
XPA-1250	1250	0.90
XPA-1320	1320	0.91
...		
XPA-3350	3350	1.07
XPA-3550	3550	1.08

Figura 97 - Tabela (parcial) do fator de correção do comprimento da correia para secções do tipo XPA [8]

$$C_L = 0.90$$

O cálculo do número de correias baseia-se na expressão (37):

$$N = 5,37$$

Conclui-se que o número ideal de correias a utilizar nesta transmissão é 6.

j) Tolerâncias de instalação/remoção e tensionamento

As tolerâncias de instalação/remoção e tensionamento são determinadas pela interseção entre o comprimento *standard* e a secção transversal da correia na tabela apresentada na Figura 66 [9]:

$$MIA = 25mm$$

$$MTA = 35mm$$

5.3. Caso de Estudo 3

As condições de serviço para a transmissão em questão são as seguintes: [9]

Tabela 4 - Condições de Serviço para o Caso de Estudo 3

Máquina Motora	Condições de Operação	Máquina Movida
<ul style="list-style-type: none"> Motor elétrico AC, “Gaiola de Esquilo”; Potência = 30 kW; Velocidade angular da polia motora = 2850 RPM; 	<ul style="list-style-type: none"> Entre 10 a 16 horas/dia; Distância entre centros aproximada: 760mm; Tempo de Vida (desejado): 1 Ano por serviço 	<ul style="list-style-type: none"> Compressor de ar; Velocidade angular da polia movida = 1250 RPM; Diâmetro da polia maior ≤ 220 mm

5.3.1. SKF

a) Fator de Serviço

Pelas condições iniciais sabe-se que se trata de uma máquina com um motor AC, “Squirrel Cage”, pelo que se conclui através da Figura 6 [6] que se trata de um arranque suave.

O tipo de máquina movida trata-se de um compressor de ar que vai trabalhar entre 10 a 16 horas por dia. Deste modo, através da Figura 7 [6], é possível determinar o fator de serviço:

$$C_2 = 1,2$$

b) Potência de Projeto

A potência de projeto é determinada através da expressão (2):

$$P_d = 36 \text{ kW}$$

c) Secção Transversal da correia

Para selecionar a secção transversal é utilizado o diagrama da Figura 10 [6], do qual advém que o tipo de secção a utilizar é SPA.

d) Relação da Transmissão

A relação da transmissão é calculada pela expressão (1):

$$I_r = 2,28$$

e) Diâmetros das polias

Para esta transmissão é possível aplicar os dois métodos de seleção dos diâmetros apresentados no capítulo 3.

O primeiro método, mais simples e intuitivo, baseia-se na relação da transmissão (I_r) e na distância entre centros preliminar (CCp), através das quais é possível obter os diâmetros das polias, a distância entre centros (CC) e o comprimento *standard* (L_{St}), utilizando a tabela da Figura 98 [6].

Speed ratio	Datum diameter of pulleys		Belt length															
	Driver	Driven	800	900	1 000	1 120	1 250	1 400	1 600	1 800	2 000	2 240	2 500	2 800	3 150	3 550	4 000	4 500
—	mm		mm															
2,35	100	100	100	114	128	143	159	176	193	211	229	248	268	289	311	335	360	386
2,25	140	315	—	—	—	—	252	331	434	535	637	758	888	1 039	1 214	1 415	1 640	1 891
2,33	65	200	100	114	128	143	159	176	193	211	229	248	268	289	311	335	360	386
2,36	95	224	—	188	241	303	369	445	546	646	747	867	997	1 148	1 323	1 523	1 748	1 998
...																		
5,63	112	630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	465	612	774	957	1 163	1 393	1 647
5,71	140	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	565	766	981	1 217	1 475
5,94	106	630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	469	616	778	961	1 168	1 397	1 651

Figura 98 - Tabela (parcial) dos diâmetros das polias, distância entre centros e comprimentos standard para secções SPA [6]

Da tabela retira-se que:

$$d = 140 \text{ mm}$$

$$D = 315 \text{ mm}$$

$$CC = 758 \text{ mm}$$

$$L_{St} = 2240 \text{ mm}$$

Note-se que o diâmetro da polia maior é superior a 220 mm, não respeitando o máximo estabelecido nas condições de serviço, pelo que este método não é aplicável.

O segundo método baseia-se na seleção de um diâmetro *standard* para a polia maior na tabela da Figura 13 [6], que apresenta as medidas *standard* disponíveis para as polias para cada uma das secções:

$$D = 212mm$$

Na tabela da Figura 17 [6], intersesta-se o diâmetro da polia maior calculado anteriormente com a relação da transmissão mais próxima da obtida (neste caso é 2,23), obtendo-se assim o diâmetro da polia menor:

$$d = 95mm$$

f) Distância entre centros preliminar

Nas condições iniciais é indicado um valor para a distância entre centros preliminar:

$$CC_p = 760mm$$

g) Comprimento da correia

O comprimento teórico da correia é obtido utilizando a expressão (4):

$$L_d = 2006,5mm$$

Uma vez obtido o valor teórico do comprimento, parte-se para a seleção do comprimento *standard* na tabela da Figura 99 [6], da qual se retira o valor do comprimento *standard* mais próximo do valor teórico apurado, bem como a respetiva referência da correia:

Section	Dimensions		Designation
	Pitch length	w	h
—	mm		—
SPA	1 272	12,7	10
			PHG SPA1272
	...		
	1 982	12,7	10
			PHG SPA1982
	2 000	12,7	10
			PHG SPA2000
	2 032	12,7	10
			PHG SPA2032
	...		
	2 582	12,7	10
			PHG SPA2582
	2 607	12,7	10
			PHG SPA2607
	2 632	12,7	10
			PHG SPA2632

Figura 99 - Tabela (parcial) do comprimento *standard* para secções do tipo SPA [6]

$$L_{St} = 2000mm$$

$$Ref.^a : PHG SPA2000$$

h) Distância entre Centros

Partindo da distância entre centros preliminar, é necessário que esta seja corrigida de forma a obter a distância entre centros exata. Esta correção baseia-se na utilização da expressão (5), que depende do fator *a* que, por sua vez, é calculado através da expressão (6):

$$a = 3035,5$$

$$CC = 756,6mm$$

i) Potência básica da correia

A potência básica da correia é determinada através da tabela da Figura 51 [6], bem como o fator adicional a somar à potência. A primeira resulta da intersecção da velocidade angular e do diâmetro da polia menor, e o segundo resulta da intersecção da velocidade angular da polia menor e da relação da transmissão.

Faster shaft speed	Rated power per belt for small pulley datum diameter [mm]														Additional power per belt for speed ratio			> 1,59
	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	180	200	1,00 to 1,05	1,06 to 1,24	1,25 to 1,59		
r/min	kW																	
100	0,25	0,28	0,31	0,35	0,38	0,42	0,46	0,50	0,55	0,61	0,67	0,79	0,90	–	0,02	0,03	0,03	
...																		
2 700	3,43	4,05	4,66	5,39	6,11	6,81	7,62	8,42	9,31	10,39	11,44	13,43	15,27	0,12	0,48	0,73	0,81	
2 800	3,50	4,14	4,77	5,52	6,25	6,97	7,80	8,62	9,53	10,63	11,70	13,71	15,56	0,12	0,50	0,76	0,84	
2 880	3,56	4,21	4,85	5,61	6,36	7,10	7,94	8,77	9,69	10,81	11,89	13,92	15,77	0,12	0,52	0,78	0,87	
2 900	3,57	4,23	4,87	5,64	6,39	7,13	7,98	8,81	9,74	10,86	11,94	13,98	15,83	0,12	0,52	0,79	0,87	
...																		
4 800	–	5,04	5,90	6,89	7,83	8,73	9,72	–	–	–	–	–	–	0,21	0,86	1,31	1,45	
4 900	–	–	–	6,89	7,84	8,73	–	–	–	–	–	–	–	0,21	0,88	1,33	1,48	

Figura 100 - Tabela (parcial para a potência básica e para o fator adicional para a seccção SPA [6])

Somando os valores obtidos, tem-se que a potência básica é:

$$P_b = 4,18 + 0,86 = 5,04 \text{ kW}$$

j) Fatores de Correção

O fator de correção do comprimento da correia obtém-se pela tabela da Figura 23 (a) [6], tendo por base o comprimento *standard* da correia determinado anteriormente:

$$C_1 = 0,96$$

O fator de correção do arco de contacto, bem como o arco de contacto da polia menor, obtém-se na tabela da Figura 23 (b) [6], por correspondência ao coeficiente resultante da divisão entre a diferença dos diâmetros pela distância entre centros:

$$\frac{212 - 95}{756,6} = 0,15$$

Uma vez determinado o valor do coeficiente de referência, tem-se então que:

$$\beta = 171^\circ$$

$$C_3 = 0,98$$

k) Potência da Correia

O cálculo da potência da correia baseia-se na expressão (7):

$$P_r = 5,04 \times 0,98 \times 0,96 = 4,74 \text{ kW}$$

l) Número de Correias

O número de correias a utilizar na transmissão é calculado segundo a expressão (9):

$$N = 7,6$$

Conclui-se então que deverão ser utilizadas 8 correias para a transmissão em estudo, de modo a garantir o tempo de vida útil das mesmas.

m) Tolerâncias para remoção/instalação e tensionamento da correia

As tolerâncias para remoção/instalação e tensionamento da correia são selecionadas na tabela da Figura 24 [6], tendo em conta o comprimento *standard* da correia e a secção transversal SPA:

$$MIA = 25mm$$

$$MTA = 35mm$$

5.3.2. OPTIBELT

a) Fator de Serviço

Das condições iniciais, sabe-se que a máquina motora é um motor AC do tipo “*Squirrel Cage*” e a máquina movida é um compressor de ar, e o tempo de funcionamento é de 10 a 16 horas por dia. Intersectando os dados mencionados na tabela da Figura 25 [7], obtém-se o seguinte fator de serviço:

$$C_2 = 1,2$$

b) Potência de Projeto

O cálculo da potência de projeto baseia-se na expressão (9).

$$P_d = 30 \times 1,2 = 36kW$$

c) Secção Transversal da Correia

Neste caso, para seleccionar a secção transversal, opta-se pelo diagrama apresentando na Figura 26 [7], que apresenta as secções para as correias em Cunha Optibelt SK e Alta Performance DIN 7753. A partir da intersecção entre a velocidade angular da polia de menor diâmetro e da potência de projeto, conclui-se que a secção transversal é do tipo B/17.

d) Relação da Transmissão

O valor da relação da transmissão calcula-se segundo a expressão (1).

$$i = 2,28$$

e) Diâmetro das Polias

A polia maior não pode ter um diâmetro superior a 220mm, pelo que na tabela de diâmetros *standard* da Figura 31 [7], deve seleccionar-se um diâmetro da polia maior inferior ao máximo estabelecido:

$$d_{dg} = d_{d2} = 200mm$$

Através da equação da relação da transmissão, obtém-se o diâmetro para a polia menor:

$$d_{dk} = d_{d1} = 88mm$$

Recorrendo novamente à tabela da Figura 31 [7], deve confirmar-se se para a secção B/17, existe o valor de diâmetro obtido, caso contrário escolhe-se o diâmetro *standard* mais próximo do calculado:

$$d_{d1} = 90mm$$

Tendo em conta que o diâmetro da polia menor é muito pequeno, deverá optar-se por uma série específica do tipo de secção B/17, nomeadamente a secção transversal BX/X17, do tipo “Super TX M=S”.

f) Verificação da velocidade angular da polia

A OPTIBELT efetua uma verificação da velocidade angular da polia confirmando deste modo, se os diâmetros seleccionados estão de acordo com as condições iniciais. Para tal, são utilizadas as expressões (11) e (12), das quais advém que:

$$i_{vorth} = \frac{200}{90} = 2,22$$

$$n_{2vorth} = \frac{2850}{2,22} = 1284 \text{ RPM}$$

É possível verificar que a velocidade obtida se aproxima da indicada nas condições iniciais.

g) Distância preliminar entre centros

Nas condições iniciais é já estabelecida uma distância preliminar entre centros:

$$a = 760mm$$

h) Comprimento da correia

Para determinar o comprimento da correia é necessário calcular primeiro o valor teórico da correia, aplicando a expressão (14):

$$L_{dth} = 2003mm$$

O comprimento *standard* da correia, corresponde ao valor mais próximo do valor teórico obtido anteriormente, constante na tabela da Figura 101 [7], de onde se retira também a referência da correia:

Profile BX/X17			
Belt no.	Datum length ISO L_d [mm]	Belt no.	Datum length ISO L_d [mm]
BX 23	610	BX 67	1740
...			
BX 29	765	BX 75	1940
BX 30	790	BX 79	2040
BX 31	815	BX 88	2280
...			
BX 38	1005	BX 132	3390*

Figura 101 – Tabela (parcial) dos comprimentos Standard para a secção BX/X17

$$L_{dst} = 2040mm$$

Referência: BX 79

Na Figura 102 [7] é possível visualizar um recorte transversal da secção seleccionada.

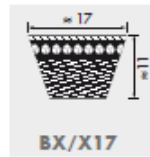


Figura 102 - Secção B/17

i) Distância entre centros

Sabendo que o valor teórico do comprimento é menor do que o valor *standard*, aplica-se a expressão (15) para obter a distância entre centros exata:

$$a_{nom} = 778,5mm$$

j) Tolerâncias para remoção/instalação e tensionamento da correia

As tolerâncias de remoção/instalação e tensionamento da correia obtêm-se na tabela da Figura 35 [7], tendo em conta a secção da correia B/17 e o respetivo comprimento *standard*:

$$MIA = 20mm$$

$$MTA = 25mm$$

k) Velocidade da correia e Taxa Flexão

A velocidade da correia e a taxa de flexão são calculadas com base nas expressões (17) e (18), respetivamente:

$$v = 13,4m/s$$

$$f_B = 13,14 \text{ s}^{-1}$$

Note-se que estes valores não devem ultrapassar os máximos estabelecidos pelo fabricante:

$$v_{max} \approx 55m/s$$

$$f_{Bmax} \approx 100 \text{ s}^{-1}$$

Pode concluir-se que os limites máximos estipulados são respeitados.

l) Fator de correção para o arco de contacto

O fator de correção do arco de contacto e o arco de contacto para a polia menor, obtêm-se na tabela da Figura 36 [7], por correspondência com o coeficiente de referência:

$$\beta = 172^\circ$$

$$C_1 = 1,0$$

m) Fator de correção do comprimento da correia

O fator de correção do comprimento da correia obtêm-se na tabela da Figura 103 [7], tendo como referência o valor do comprimento *standard*:

Profile B/17, BX/X17	
Datum length [mm]	c_3
900	0.81
1840	0.95
1940	0.97
2040	0.98
2160	0.99
6340	1.23

Figura 103 - Tabela (parcial) do fator de correção do comprimento da correia [7]

$$C_3 = 0,98$$

n) Potência Nominal

A potência nominal corresponde à soma da potência com um fator adicional dependente da relação da transmissão. Na Figura 104 [7] está representada a tabela de potências da secção B/17, onde se obtém a potência nominal e o fator adicional:

Pulleys	v [m/s]	n ₂ [min ⁻¹]	Datum diameter of small pulley d _s [mm]																Additional power [kW] per belt for speed			
			90	100	106	112	118	125	132	140	160	180	190	200	212	224	250	280	1.01 to 1.05	1.06 to 1.26	1.27 to 1.57	> 1.57
700			1.70	2.01	2.20	2.38	2.56	2.77	2.98	3.21	3.79	4.35	4.63	4.90	5.23	5.55	6.22	6.98	0.03	0.12	0.18	0.28
950			2.12	2.52	2.76	2.99	3.23	3.49	3.76	4.06	4.79	5.51	5.86	6.20	6.61	7.01	7.85	8.78	0.04	0.17	0.24	0.37
1450			2.82	3.38	3.73	4.05	4.37	4.75	5.11	5.53	6.63	7.49	7.95	8.40	8.94	9.45	10.63	11.64	0.07	0.24	0.37	0.57
2850			4.16	5.06	5.59	6.10	6.60	7.16	7.70	8.30	9.67	10.86	11.39	11.87	12.39	12.82	13.51	13.82	0.13	0.50	0.72	1.12

Figura 104 - Valores necessários para o cálculo da Potência Básica [7]

$$P_b = 4,16 + 1,12 = 5,28kW$$

o) Número de Correias

O número de correias é calculado com base na expressão (19):

$$z = 6,96$$

Arredondando o valor obtido, sabe-se que deverão ser utilizadas 7 correias, de forma a garantir o tempo de vida útil das correias em uso.

5.3.3. CONTITECH

a) Fator de Serviço

Pelas condições iniciais, sabe-se que a máquina tem um motor elétrico AC do tipo “Squirrel Cage”, que irá trabalhar entre 10 a 16 horas por dia e que a máquina movida é um compressor de ar. Com estes dados, através da Figura 39 [8], tem-se que o fator de serviço é:

$$C_2 = 1,2$$

b) Relação da Transmissão

A relação da transmissão é calculada através da expressão (1):

$$i = \frac{2850}{1250} = 2,28$$

c) Diâmetros das polias

A partir das condições iniciais sabe-se que o diâmetro da polia maior não pode ser superior a 220mm, pelo que nas tabelas de potências das correias deve seleccionar-se um diâmetro *standard* inferior a 220mm:

$$d_{wg} = 200mm$$

O diâmetro da polia menor é calculado através da expressão (1), da qual se obtém um valor de aproximadamente 88mm. Recorrendo novamente às tabelas das potências, selecciona-se o diâmetro *standard* disponível mais próximo do valor calculado.

$$d_{wk} = 90mm$$

d) Secção Transversal da Correia

Neste caso, opta-se pelo diagrama correspondente às correias do tipo “CONTI MULTIFLEX”, que se encontra representado na Figura 43 [7]. A secção transversal seleccionada é do tipo 13/A e pode estimar-se no diagrama, uma potência da correia de aproximadamente 3kW.

e) Distância entre centros estimada

O valor da distância entre centros é indicado nas condições de serviço:

$$a_{est} = 760mm$$

f) Comprimento da Correia

O valor teórico do comprimento da correia é determinado através da expressão (22).

$$L_w = 1979,5mm$$

O comprimento *standard* pode obter-se na tabela da Figura 105 [8] adequada ao tipo de secção 13/A, procurando o valor *standard* mais próximo do valor teórico.

Section 13/A

Inside length L_i (mm)	Datum length L_d (mm)	Inside length L_i (mm)	Datum length L_d (mm)
560	590	1120	1150
...			
1090	1120	1930	1960
1105	1135	1955	1986

Figura 105 – Tabela (parcial) dos comprimentos *standard* para secções do tipo 13/A [8]

$$L_{St} = 1986mm$$

g) Distância entre centros

A distância entre centros estimada é corrigida através da expressão (23):

$$a = 763mm$$

h) Arco de contacto em redor da polia de menor diâmetro

O cálculo do arco de contacto em redor da polia de menor diâmetro obtém-se utilizando a expressão (24):

$$\beta = 172^\circ$$

i) Tolerâncias para a instalação e tensionamento da correia

As tolerâncias para instalação e tensionamento da correia calculam-se segundo as expressões (25) e (26), respetivamente. Note-se que, para determinar a tolerância de instalação é necessário determinar o fator h , que representa a altura da secção selecionada, e cujo valor se obtém através da tabela da Figura 106 [8].

Belt section	DIN symbol B.S./ISO symbol	8 —	10 Z	13 A	17 B	20 —	22 C	25 —	32 D	40 E
Top belt width $b_o \approx$	mm	8	10	13	17	20	22	25	32	40
Pitch width b_w	mm	6.7	8.5	11.0	14.0	17.0	19.0	21.0	27.0	32.0
Bottom belt width $b_{bi} \approx$	mm	4.6	5.9	7.5	9.4	11.4	12.4	14.0	18.3	22.8
Height of belt $h \approx$	mm	5	6	8	11	12.5	14	16	20	25
Pitch height $h_w \approx$	mm	2.0	2.5	3.3	4.2	4.8	5.7	6.3	8.1	12.0
Min. pulley pitch diameter $d_{w \min}$	mm	35.5	45	71	112	140	180	224	315	450
Max. flexing frequency $f_{B \max}$	s^{-1}	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Max. belt speed v_{\max}	m/s	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Weight per metre	kg/m	0.040	0.060	0.105	0.170	0.240	0.300	0.430	0.630	0.970
Range of pitch length L_w from	mm	549	472	590	658	948	1142	1461	2075	5082
to	mm	1269	2522	5030	7143	6048	8052	9061	12575	11282
Length differential value from L_w $\Delta L = L_w - L_i$	mm	19	22	30	43	48	52	61	75	82

Figura 106 – Tabela das alturas das secções das correias CONTIMULTIFLEX [8]

$$x = 19,9mm$$

$$y = 111,3mm$$

j) Velocidade da correia e taxa de flexão

A velocidade da correia e a taxa de flexão são calculadas com base nas expressões (27) e (28):

$$v = 13,4m/s$$

$$f_b = 13,5s^{-1}$$

k) Fatores de correção

O fator de correção do arco de contato, determina-se com base na tabela da Figura 47 [8], por correspondência ao coeficiente de referência, ou por correspondência ao valor do arco de contacto para a polia de menor diâmetro:

$$C_1 = 0,98$$

O fator de correção do comprimento da correia obtém-se na tabela da Figura 107 [8], tendo como referência a secção 13/A e o comprimento *standard* da correia.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

L_w mm	590	660	740	830	930	1030	1150	1280	1430	1730	1830	2030	2270	2530	3030	3380	4030	5030
c_3	0.78	0.80	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.94	0.96	1.00	1.01	1.03	1.06	1.08	1.12	1.15	1.19	1.24

Figura 107 – Tabela dos fatores de correção do comprimento da correia [8]

$$C_3 = 1,02$$

l) Potência da correia

A potência da correia é determinada intersetando o diâmetro da polia menor e a relação da transmissão com a velocidade angular da polia menor, na tabela da Figura 108 [8], correspondente ao tipo de secção 13/A:

$d_{\text{pol}} (mm)$	i or 1:1	Speed of small pulley $n_2 (min^{-1})$																	
71.0	1.00	0.12	0.21	0.32	0.41	0.52	0.57	0.63	0.73	0.81	0.85	0.90	0.94	1.01	1.04	1.03	0.98	0.74	0.31
	1.05	0.13	0.22	0.33	0.43	0.55	0.60	0.67	0.78	0.87	0.92	0.98	1.03	1.12	1.16	1.18	1.15	0.95	0.56
	1.20	0.13	0.24	0.36	0.48	0.61	0.67	0.75	0.88	0.99	1.05	1.12	1.19	1.32	1.39	1.47	1.48	1.36	1.05
	1.50	0.14	0.25	0.39	0.51	0.65	0.72	0.81	0.96	1.08	1.15	1.24	1.32	1.49	1.58	1.70	1.74	1.69	1.44
	3.00	0.15	0.26	0.40	0.53	0.69	0.76	0.86	1.01	1.15	1.23	1.32	1.41	1.60	1.71	1.86	1.92	1.92	1.72
...																			
90.0	1.00	0.20	0.36	0.56	0.75	0.97	1.08	1.23	1.46	1.67	1.78	1.93	2.06	2.35	2.51	2.73	2.80	2.73	2.30
	1.05	0.20	0.36	0.58	0.77	1.00	1.11	1.27	1.51	1.73	1.85	2.00	2.15	2.46	2.63	2.87	2.97	2.94	2.55
	1.20	0.21	0.38	0.61	0.81	1.06	1.18	1.35	1.61	1.85	1.98	2.15	2.31	2.66	2.87	3.16	3.30	3.35	3.04
	1.50	0.22	0.39	0.63	0.84	1.11	1.23	1.41	1.68	1.94	2.09	2.27	2.44	2.83	3.06	3.39	3.56	3.67	3.43
	3.00	0.22	0.40	0.65	0.87	1.14	1.27	1.45	1.74	2.01	2.16	2.35	2.53	2.94	3.19	3.55	3.75	3.91	3.71
...																			
200.0	1.00	0.63	1.16	1.89	2.57	3.42	3.82	4.40	5.30	6.11	6.56	7.10	7.58	8.50	8.87				
	1.05	0.63	1.17	1.90	2.59	3.45	3.86	4.44	5.35	6.17	6.62	7.18	7.67	8.61	8.99				
	1.20	0.64	1.18	1.93	2.63	3.51	3.92	4.52	5.45	6.29	6.76	7.33	7.83	8.81	9.22				
	1.50	0.65	1.20	1.96	2.67	3.55	3.97	4.58	5.52	6.39	6.86	7.44	7.96	8.98	9.41				
	3.00	0.65	1.21	1.97	2.69	3.58	4.01	4.62	5.58	6.45	6.93	7.53	8.06	9.09	9.54				

Figura 108 – Tabela (parcial) para a potência da correia para a secção 13/A [8]

$$P_r = 3,12kW$$

m) Número de Correias

O número de correias é calculado com base na expressão (29).

$$z = 11,5$$

Arredondando o valor obtido, conclui-se que deverão ser utilizadas 12 correias de modo a garantir um funcionamento adequado.

n) Confirmação do fator de serviço

Por fim, é realizada uma verificação do fator de serviço, através da expressão (30):

$$C_{2er} = 1,2$$

5.3.4. GATES

a) Tempo de vida de serviço da correia

Partindo das condições de serviço, sabe-se que o tempo de vida desejado para a correia é de 1 ano de serviço.

b) Fator de Serviço

As condições iniciais indicam que a máquina motora é um motor elétrico AC do tipo “*squirrel cage*”, que trabalha entre 8 a 16 horas por dia, e a máquina movida é um compressor de ar. Cruzando as condições na tabela da Figura 50 [9], determina-se o fator de serviço:

$$C_2 = 1,2$$

c) Potência de Projeto

A potência de projeto é calculada através da expressão (31).

$$P_d = 36kW$$

d) Secção Transversal da Correia

Existem várias possibilidades no que respeita à escolha de um tipo de secção transversal, no entanto para este caso opta-se pelas correias em V apresentadas no diagrama da Figura 51 [9]. Do diagrama, selecciona-se uma secção do tipo XPA para esta transmissão.

e) Relação da Transmissão

O cálculo da relação da transmissão traduz-se na aplicação da expressão (1):

$$i = \frac{n_1}{n_2} = 2,28$$

f) Diâmetro das polias

Das condições iniciais sabe-se que o diâmetro da polia maior não pode ser superior a 220mm pelo que, na tabela das Figuras 55 e 56 [9], que apresenta as medidas *standard* das polias para cada uma das secções, selecciona-se um diâmetro *standard* inferior a 220mm:

$$D = 200mm$$

O diâmetro da polia menor é obtido através da relação da transmissão:

$$d = 88mm$$

Consultando a tabela das Figuras 55 e 56 [9], verifica-se que não existem polias *standard* para o valor do diâmetro obtido, pelo que se opta pelo diâmetro *standard* mais próximo.

$$d = 90mm$$

g) Velocidade da correia

A velocidade da correia é calculada pela expressão (32), tendo presente que o seu valor não deve ser superior a 30m/s, caso contrário tem que se usar polias dinamicamente balanceadas:

$$v = 13,4/s$$

h) Distância entre centros e Comprimento da correia

A distância estimada entre centros é indicada nas condições de serviço:

$$TCD = 760mm$$

O comprimento teórico da correia obtém-se pela expressão (34):

$$TBL = 1979mm$$

O comprimento *standard*, bem como a referência da correia, obtém-se na tabela do fabricante da Figura 109 [9], procurando o valor *standard* mais próximo do valor teórico obtido.

Belt reference	Datum length
ISO	mm ISO
XPA 1582	1582
...	...
XPA 1950	1950
XPA 2000	2000
XPA 2060	2060
...	...
XPA 3750	3750
XPA 4000	4000

Figura 109 – Tabela (parcial) de comprimentos standard para secções do tipo XPA [9]

$$L_{St} = 2000mm$$

$$Ref.^a : XPA 2000$$

Uma vez determinado o comprimento *standard* da correia, é possível corrigir o valor preliminar da distância entre centros através da expressão (35), a qual implica a obtenção de um fator h . Este fator obtém-se na tabela da Figura 60 [9], por correspondência ao valor do coeficiente resultante da divisão da diferença entre os diâmetros pelo fator F , cujo cálculo se baseia na expressão (36):

$$h = 0,035$$

$$a_{nom} = 770,4mm$$

i) Número de correias

Antes da determinação do número de correias, é necessário obter o valor da potência básica que resulta da soma entre a potência básica com um fator adicional de potência dependente da relação da transmissão e um fator associado ao tempo de funcionamento da correia, cujo efeito sobre a potência varia conforme as horas que se pretende que a correia trabalhe.

No que respeita ao fator do tempo de serviço da correia, a sua expressão de cálculo bem como o seu efeito sobre a potência básica, dependem da quantidade de horas trabalhadas pela correia, da seguinte forma:

- Caso trabalhe 12000 horas o fator é nulo;
- Caso trabalhe 25000 horas subtrai-se um determinado fator;
- Caso trabalhe 6000 horas adiciona-se um determinado fator;

No caso em apreço, pretende-se que a correia trabalhe 6000 horas, pelo que o fator será adicionado à potência, e a sua expressão de cálculo é:

$$\frac{d_{d1} \times n_1}{362319} = 0,71$$

O valor da potência básica resulta da interseção entre a velocidade angular da polia menor e o seu diâmetro na tabela da Figura 110 [9]. Por sua vez, o fator da potência adicional dependente

da relação da transmissão resulta do cruzamento entre a velocidade angular da polia menor com a relação da transmissão na tabela da Figura 111 [9].

RPM of faster shaft	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	170	180	190	200
585	1.44	1.64	1.84	2.04	2.24	2.48	2.72	2.96	3.24	3.51	3.83	4.22	4.61	4.99	5.38	5.76	6.15
700	1.68	1.92	2.16	2.40	2.63	2.92	3.20	3.48	3.81	4.13	4.51	4.97	5.43	5.88	6.34	6.79	7.24
725	1.73	1.98	2.23	2.47	2.72	3.01	3.30	3.59	3.93	4.27	4.65	5.13	5.60	6.08	6.55	7.01	7.48
870	2.03	2.32	2.61	2.91	3.20	3.54	3.89	4.23	4.63	5.03	5.49	6.05	6.61	7.17	7.73	8.28	8.83
950	2.19	2.51	2.82	3.14	3.46	3.83	4.21	4.58	5.02	5.45	5.94	6.55	7.16	7.77	8.37	8.97	9.56
1160	2.59	2.98	3.36	3.74	4.12	4.57	5.03	5.48	6.00	6.52	7.11	7.84	8.57	9.29	10.01	10.73	11.44
1450	3.13	3.60	4.07	4.54	5.01	5.57	6.12	6.67	7.31	7.94	8.67	9.56	10.45	11.33	12.21	13.07	13.93
1750	3.67	4.23	4.79	5.34	5.89	6.55	7.21	7.86	8.62	9.37	10.22	11.27	12.32	13.35	14.37	15.38	16.38
2850	5.44	6.30	7.16	8.02	8.87	9.87	10.87	11.85	12.99	14.11	15.37	16.92	18.44	19.92	21.36	22.77	24.14
3450	6.29	7.31	8.32	9.32	10.31	11.46	12.63	13.77	15.06	16.36	17.80	19.54	21.23	22.87	24.44	25.95	

Figura 110 – Tabela das potências básicas para secções do tipo XPA [9]

RPM of faster shaft	1 to 1.01	1.02 to 1.03	1.04 to 1.05	1.06 to 1.08	1.09 to 1.11	1.12 to 1.15	1.16 to 1.2	1.21 to 1.28	1.29 to 1.44	>1.44
585	0.00	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16
700	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.15	0.17	0.19
725	0.00	0.02	0.04	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19
870	0.00	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23
950	0.00	0.03	0.06	0.08	0.11	0.14	0.17	0.20	0.23	0.25
1160	0.00	0.03	0.07	0.10	0.14	0.17	0.21	0.24	0.28	0.31
1450	0.00	0.04	0.09	0.13	0.17	0.22	0.26	0.30	0.34	0.39
1750	0.00	0.05	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	0.42	0.47
2850	0.00	0.08	0.17	0.25	0.34	0.42	0.51	0.59	0.68	0.76
3450	0.00	0.10	0.20	0.31	0.41	0.51	0.61	0.72	0.82	0.92

Figura 111 – Tabela do fator adicional dependente da relação da transmissão para secções do tipo XPA [9]

Feitas as necessárias interpolações lineares, o valor da Potência Básica para esta transmissão em estudo é:

$$P_b = 7,16 + 0,76 + 0,71 = 8,63kW$$

O fator de correção do arco de contacto, bem como o arco de contacto da polia menor são obtidos na tabela da Figura 65 [9], por correspondência com o coeficiente de referência:

$$G = 0,98$$

$$\beta = 172^\circ$$

O fator de correção do comprimento da correia, obtém-se na tabela Figura 112 [9] correspondente à secção XPA, tendo por base o comprimento *standard* da correia.

Belt ref.	ISO datum length mm	Corr. factor C_L
XPA-800	800	0.82
XPA-850	850	0.83
...		
XPA-1500	1500	0.91
XPA-2000	2000	0.98
XPA-2120	2120	0.99
...		
XPA-3350	3350	1.07
XPA-3550	3550	1.08

Figura 112 - Tabela (parcial) para o fator de correção do comprimento da correia [9]

$$C_L = 0,98$$

Segue-se o cálculo do número de correias através da expressão (37):

$$N = 4,3$$

Arredondando o valor obtido, sabe-se que número ideal de correias a utilizar é 5.

j) Tolerâncias de instalação/remoção e tensionamento

As tolerâncias de instalação/remoção e tensionamento da correia são obtidas através da Figura 66 [9], tendo por base o comprimento *standard* da correia e a secção transversal XPA:

$$MIA = 25mm$$

$$MTA = 40mm$$

6. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE OS VÁRIOS FABRICANTES

Neste capítulo comparam-se os resultados obtidos nos três casos de estudo utilizando os métodos para cada um. São analisados os fatores que originam diferenças nos resultados, tendo em conta as metodologias de seleção propostas por cada fabricante.

Na tabela 5 apresentada na página seguinte, é possível verificar todos os resultados obtidos em cada caso de estudo, para cada fabricante, e para cada fator, tornando mais fácil a sua compreensão e mais direta a extração de conclusões.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Tabela 5 - Resultados obtidos para cada caso de estudo

		Caso de Estudo 1				Caso de Estudo 2				Caso de Estudo 3			
		SKF	OPT	CONT	GAT	SKF	OPT	CONT	GAT	SKF	OPT	CONT	GAT
Fator de Serviço		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
Potência de Projeto [kW]		171,6	171,6	171,6	171,6	65	65	65	65	36	36	36	36
Seção Transversal da Correia		C	SPB	SPB	C	XPA	SPA	XPB	XPA	SPA	B/17	13/A	XPA
Relação da Transmissão		1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6	2,28	2,28	2,28	2,28
Diâmetro das Polias	Polia Maior [mm]	530	504	500	450	236	225	224	224	212	200	200	200
	Polia Menor [mm]	300	280	280	250	150	140	140	140	95	90	90	90
Distância Entre Centros Preliminar [mm]		1400	1400	1400	1400	400	500	500	500	760	760	760	760
Comprimento da Correia [mm]		4060	4000	4060	3960	1400	1582	1600	1215	2000	2040	1986	2000
Distância Entre Centros [mm]		1373,3	1383,5	1413	1427,8	394,5	502,7	512	294	756,6	778,5	763	770,4
Potência Básica [kW]		21,5	21,87	21,71	17,87	13,75	9,07	16,84	14,01	5,04	5,28	3,12	8,63
Velocidade da Correia [m/s]		-	21,8	21,8	19,4	-	17,6	17,6	17,6	-	13,4	13,4	13,4
Taxa Flexão [s ⁻¹]		-	10,9	10,7	-	-	22,3	22	-	-	13,1	13,5	-
Fator de Correção para o comprimento da correia		1,02	1,02	1,02	1,02	0,91	0,92	0,87	0,90	0,96	0,98	1,02	0,98
Fator de Correção para o arco de contacto		0,97	1	0,98	0,97	0,97	1	0,98	0,96	0,98	1	0,98	0,98
Potência da Correia [mm]		21,27	22,31	21,76	17,5	12,14	8,34	13,06	12,11	4,74	5,17	3,12	8,29
Número de Correias		9	8	8	10	6	8	5	6	8	7	12	5
Tolerâncias de Instalação	MIA [mm]	50	20	222	50	25	20	99	25	25	20	111	25
	MTA [mm]	55	45	40	55	35	25	16	35	35	25	20	40

6.1. Comparação dos Vários Resultados Obtidos

Partindo da tabela 5 e analisando os resultados obtidos para cada caso de estudo, é possível retirar algumas conclusões, bem como reforçar outras já referidas no subcapítulo 4.2.2.

No que respeita aos fatores de serviço e potência de projeto, pode verificar-se que os valores obtidos em cada caso de estudo, são idênticos para todos os fabricantes. A explicação tem por base as condições de serviço de cada caso, que são comuns a todos os fabricantes, ou seja, o tipo de máquina motora, o tipo de máquina movida e o tempo de funcionamento diário. Adicionalmente, para a potência de projeto a fórmula aplicada é idêntica para todos os fabricantes, traduzindo-se na multiplicação da potência do motor (cedida nas condições iniciais) pelo fator de serviço.

Para a secção transversal, pode verificar-se que no mesmo caso de estudo é possível serem seleccionadas secções diferentes, devido ao facto de não existirem restrições ou condições para escolher o diagrama para determinar a secção, sabendo-se apenas que o diagrama se deve adequar aos valores da velocidade angular da polia menor e da potência de projeto. Diferentemente, no caso da CONTITECH o diagrama deve adequar-se aos valores da velocidade angular e do diâmetro da polia menor.

Os diâmetros das polias seleccionados apresentam diferenças devido aos limites máximos estipulados nas condições de serviço, que implicam que possa ser seleccionado qualquer diâmetro inferior ao limite máximo. Adicionalmente, a determinação dos diâmetros das polias depende da secção transversal seleccionada, tendo em conta que existem tabelas de diâmetros *standard* específicas para cada tipo de secção. No caso da SKF, existe a possibilidade de determinar os diâmetros juntamente com o comprimento *standard* da correia e a distância entre centros, através de um método alternativo. No entanto este método só é aplicável para determinados tipos de secções. Podem ainda existir casos, como demonstrado no Caso de Estudo 3, em que a aplicação do método alternativo da SKF não é possível, devido à obtenção de diâmetros que não cumprem os limites máximos das condições de serviço.

No que se refere à distância entre centros preliminar, pode verificar-se que para os casos de estudo 1 e 3, a distância entre centros preliminar é igual para todos os fabricantes, devido ao facto do valor ser inicialmente cedido nas condições de serviço. No Caso de Estudo 2, os valores apresentam diferenças pois foram obtidos a partir das condições de fronteira, aplicadas por cada um dos fabricantes, o que significa que existem vários valores possíveis dentro do intervalo desejado.

Os valores dos comprimentos *standard* são diferentes para cada caso de estudo e cada fabricante, tendo em conta que dependem dos diâmetros das polias, da distância entre centros preliminar e da secção seleccionada. Mesmo nos casos em que a distância preliminar não varia, os diâmetros seleccionados não são iguais nem o tipo de secção, pelos motivos explicados

anteriormente. Para além disso, as tabelas de referência de comprimentos *standard* são diferentes para cada tipo de secção transversal.

O fator de correção do arco de contacto depende dos diâmetros das polias e da distância entre centros, motivo pelo qual este apresenta resultados diferentes para cada caso e fabricante.

O fator de correção para o comprimento da correia apresenta variações devido aos valores divergentes de comprimentos *standard*.

No geral, todas as variações de fatores influenciam a potência da correia e consequentemente, o número de correias. Pode então concluir-se, que a eficácia e simplicidade de cada transmissão, depende de certas escolhas específicas de fatores e metodologias de cálculo dos mesmos.

7. ESTUDO DE SENSIBILIDADE

Este capítulo é destinado a estudos de sensibilidade, nomeadamente um teste à variação dos diâmetros das polias, à variação da secção transversal da correia, e outro às condições de fronteira dos diagramas de secções, que em determinados casos, permitem a seleção de duas secções transversais. Posteriormente, é analisado o efeito destas alterações no valor da potência da correia e no número de correias.

7.1. Alteração do diâmetro das Polias

Para estudar a sensibilidade da variação dos diâmetros das polias, serão assumidas as condições de serviço apresentadas no Caso de Estudo 2 e as metodologias de cada fabricante analisado, explicadas no capítulo 3.

Note-se que para os testes de sensibilidade, algumas das condições de serviço podem não ser respeitadas, de modo a que seja possível estudar os casos mais extremos de polias muito grandes e polias muito pequenas.

Os resultados obtidos deste estudo são apresentados nas tabelas 6 e 7 para todos os fabricantes e para cada fator, seguidos pela representação gráfica dos fatores em análise.

Nos gráficos 1, 2, 3 e 4 são ilustrados para cada fabricante, os efeitos da variação do diâmetro da polia menor, na potência da correia e no número de correias a usar na transmissão. As conclusões retiradas são idênticas para todos os fabricantes analisados: à medida que o diâmetro da polia menor aumenta, também a potência da correia aumenta. Contrariamente, o número de correias a usar na transmissão diminui.

Note-se que o diâmetro de uma polia está diretamente correlacionado com o diâmetro da outra, devido à relação da transmissão, o que significa que a variação de um deles implica a variação do outro.

Pode então concluir-se que perante o limite máximo de diâmetro imposto nas condições de serviço, deve seleccionar-se sempre o maior diâmetro possível, de modo garantir uma potência da correia mais elevada e a utilização de um menor número de correias. Deste modo, é assegurada a eficácia da transmissão.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Tabela 6 - Variação do Diâmetro das Polias para alguns dos fabricantes em estudo

		SKF					OPTIBELT					CONTITECH					
Fator de Serviço		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Potência de Projeto [kW]		65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Seção Transversal da Correia		XPA	XPA	XPA	XPA	XPA	SPA	SPA	SPA	SPA	SPA	XPB	XPB	XPB	XPB	XPB	XPB
Relação da Transmissão		1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Diâmetro das Polias	Polia Maior [mm]	140	160	200	236	280	140	200	225	315	500	160	200	224	288	358	488
	Polia Menor [mm]	90	100	125	150	180	90	125	140	200	315	100	125	140	180	224	280
Distância Entre Centros Preliminar [mm]		300	400	400	400	400	250	500	500	500	750	400	493	500	700	900	1250
Comprimento da Correia [mm]		982	1232	1320	1400	1532	1060	1507	1582	1807	2782	1250	1500	1600	2120	2650	2550
Distância Entre Centros [mm]		309,5	410,7	403	394,5	401,6	348,6	497	502,7	496	745,5	420	592	623	690	865	1167
Potência Básica [kW]		6,08	7,23	10,03	12,71	15,76	3,75	7,53	9,07	14,57	21,67	8,51	13,14	15,84	22,66	29,49	36,95
Velocidade da Correia [m/s]		-	-	-	-	-	11,3	15,7	17,6	25,1	39,6	12,6	15,7	17,6	22,6	28	35
Taxa Flexão [s ⁻¹]		-	-	-	-	-	21,3	20,8	22,3	27,8	28,5	22	21	22	21	21	20
Fator de Correção para o comprimento da correia		0,85	0,89	0,91	0,91	0,92	0,86	0,91	0,92	0,94	1,02	0,83	0,86	0,87	0,92	0,95	1
Fator de Correção para o arco de contacto		0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	1	1	1	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Potência da Correia [kW]		5,1	6,31	8,85	11,22	14,06	3,23	6,85	8,34	13,6	21,9	6,92	11,07	13,06	20,43	27,46	36,21
Número de Correias		13	11	8	6	5	21	10	8	5	3	10	6	5	3	3	2
Tolerâncias de Instalação	MIA [mm]	20	25	25	25	25	15	20	20	20	20	82	95	99	126	152	197
	MTA [mm]	15	35	35	35	35	20	25	25	25	35	13	15	16	21	27	36

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Tabela 7 - Variação do Diâmetro das Polias (GATES)

Fator de Serviço		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Potência Projetada [kW]		65	65	65	65	65
Seção Transversal da Correia		XPA	XPA	XPA	XPA	XPA
Relação da Transmissão		1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Diâmetro das Polias	Polia Maior [mm]	125	160	224	280	315
	Polia Menor [mm]	80	100	140	180	200
Distância Entre Centros Preliminar [mm]		182,5	230	322	410	457,5
Comprimento da Correia [mm]		747	882	1215	1550	1750
Distância Entre Centros [mm]		211,45	235,1	294	411	467,3
Potência Básica [kW]		5,4	8,3	14,0	19,3	21,9
Velocidade da Correia [m/s]		10,1	12,6	17,6	22,6	25,1
Taxa Flexão [s ⁻¹]		-	-	-		
Fator de Correção para o comprimento da correia		0,82	0,84	0,90	0,93	0,95
Fator de Correção para o arco de contacto		0,97	0,96	0,96	0,97	0,97
Potência da Correia [kW]		4,28	6,73	12,1	17,45	20,14
Número de Correias		16	10	6	4	4
Tolerâncias de Instalação	MIA [mm]	20	20	25	25	25
	MTA [mm]	25	25	35	35	35

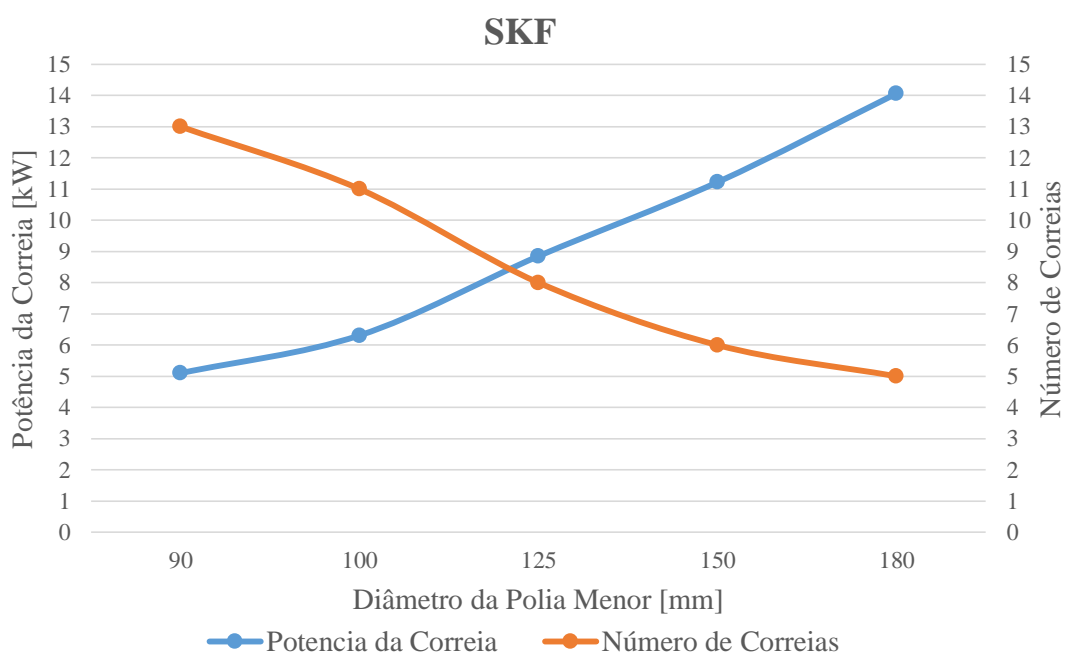


Gráfico 1 - Variação da Potência e do Número de correias consoante o diâmetro da polia menor (SKF)

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

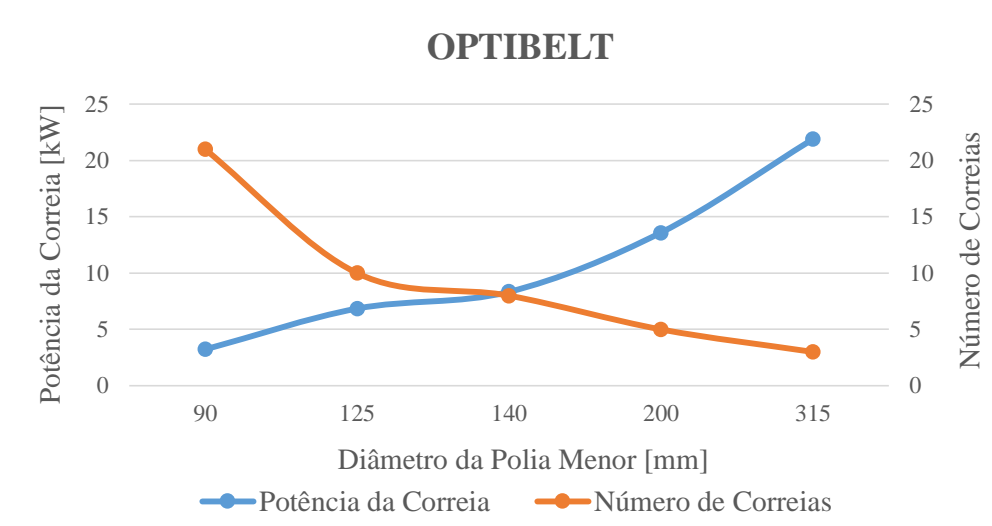


Gráfico 2 - Variação da Potência e do Número de correias consoante o diâmetro da polia menor (OPTIBELT)

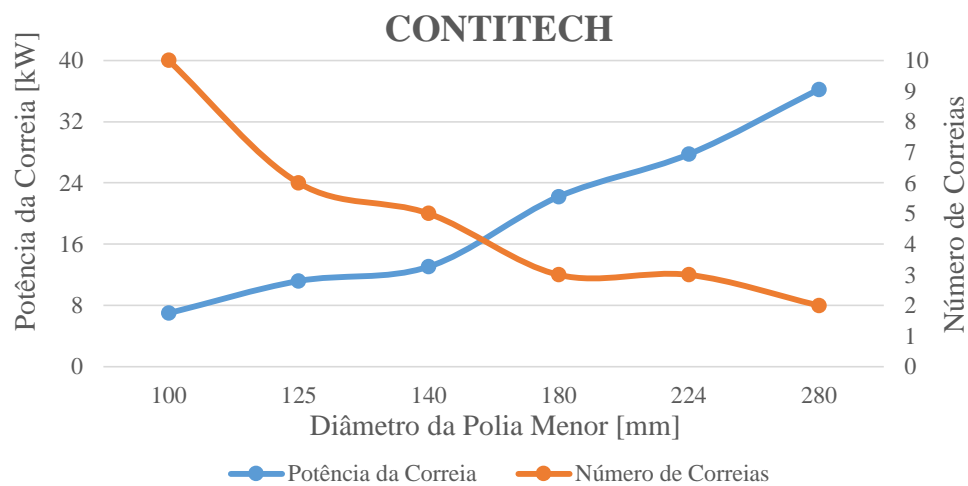


Gráfico 3 - Variação da Potência e do Número de correias consoante o diâmetro da polia menor (CONTITECH)

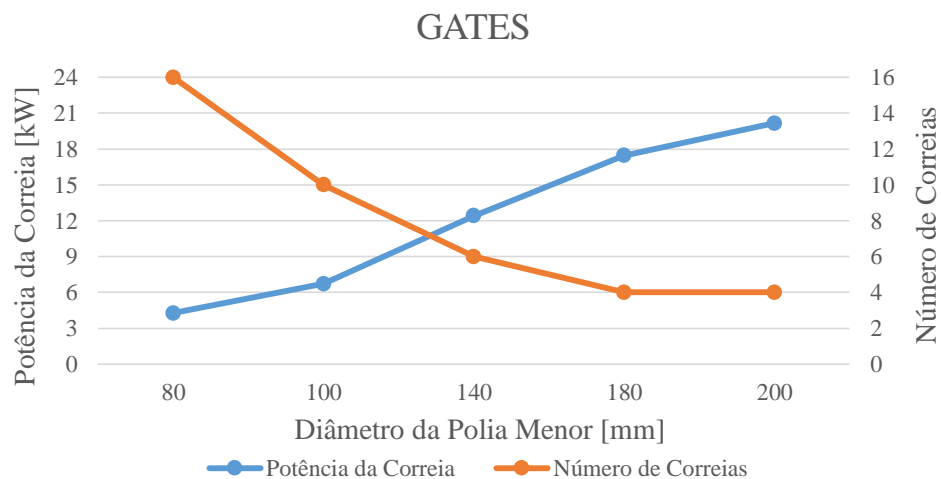


Gráfico 4 - Variação da Potência e do Número de correias consoante o diâmetro da polia menor (GATES)

7.2. Alteração da Secção Transversal da Correia

A análise de sensibilidade da alteração da secção transversal da correia assume as metodologias explicadas no capítulo 3 e baseia-se nas condições de serviço do Caso de Estudo 1.

Utilizando como referência os diagramas de secções apresentados no capítulo 3, é seleccionada uma secção transversal diferente, que seja compatível com os mesmos valores de velocidade angular da polia menor e de potência de projeto.

A tabela 8 apresenta para cada fabricante, as secções retiradas dos diagramas compatíveis com os valores pretendidos. Para cada fabricante, as diferenças entre as secções representadas são a constituição química de cada uma, bem como o seu tamanho.

Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas 9 e 10, seguindo-se uma representação gráfica para cada fabricante, do efeito da variação da secção na potência da correia e no número de correias.

Tabela 8 - Alturas e Larguras para as secções estudadas

	Secção	Largura (mm)	Altura (mm)
SKF	C	22	14
	SPB e XPB	16,3	13
	5V	15	13
OPTIBELT	SPB	14	13
	C e CX	19	14
	5V/15N	15	13
	XPB SUPER-X e XPB SUPER E	16,3	14
CONTITECH	XPB e SPB	16,5	14
	17/B	17	11
GATES	C	22	14
	XPB, SPB, 5VX E 15J	16	13

Pode concluir-se que para um determinado valor de potência de projeto e velocidade angular da polia menor, o facto de se optar por uma secção maior em termos de tamanho, não garante que seja utilizado um número mais reduzido de correias. Ou seja, o tamanho da secção transversal não está relacionado com o número de correias necessárias numa transmissão.

No gráfico 5 e 8, é possível verificar que utilizando uma secção maior do tipo C, o número de correias necessário é superior do que quando são utilizadas secções de menor tamanho, como por exemplo, do tipo XPB.

Normalmente é assumido que uma secção de maior tamanho está associada a correias mais robustas, implicando por isso a utilização de um menor número de correias, assumido uma constituição idêntica. Tendo em conta os resultados verificados, esta suposição foi contrariada, reforçando-se assim o facto já referido anteriormente, de que entre diversos diagramas de secções, o que diferencia os tipos de secção, é a sua constituição química e modo de fabrico.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Tabela 9 - Variação da Secção Transversal da Correia para alguns dos fabricantes em estudo

		SKF				OPTIBELT					CONTITECH			
Fator de Serviço		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3		1,3	1,3	1,3
Potência de Projeto [kW]		171,6	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6	171,6		171,6	171,6	171,6
Seção Transversal da Correia		C	SPB	XPB	5V	SPB	C	CX	5V/15N	XPB		XPB	SPB	17/B
Relação da Transmissão		1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8		1,8	1,8	1,8
Diâmetro das Polias	Polia Maior [mm]	530	530	530	530	504	504	504	504	504		500	500	500
	Polia Menor [mm]	300	300	300	300	280	280	280	280	280		208	208	208
Distância Entre Centros Preliminar [mm]		1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400		1400	1400	1400
Comprimento da Correia [mm]		4060	4060	3550	4064	4000	4058	3408	4064	3550		3550	4060	4043
Distância Entre Centros [mm]		1373,3	1373,3	1117,2	1380,1	1383,5	1412,5	1087,5	1415,5	1158,5		1157	1413	1405
Potência Básica [kW]		21,5	23,6	27,5	23,6	21,87	18,19	19,8	21,87	31,32	37,28	26,2	21,71	11,52
Velocidade da Correia [m/s]		-	-	-	-	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8		21,8	21,8	21,8
Taxa Flexão [s ⁻¹]		-	-	-	-	10,9	10,7	12,8	10,7	12,3		12,3	10,7	10,8
Fator de Correção para o comprimento da correia		1,02	1,02	1	1,02	1,02	1,01	0,98	1,02	0,98		1	1,02	1,13
Fator de Correção para o arco de contacto		0,97	0,97	0,97	0,97	1	1	0,99	1	0,99		0,97	0,98	0,98
Potência da Correia [kW]		21,27	23,35	26,68	23,35	22,31	18,37	19,21	22,31	30,39	36,17	25,41	21,76	12,76
Número de Correias		9	8	7	8	8	10	9	8	6	5	7	8	14
Tolerâncias de Instalação	MIA [mm]	50	25	25	25	20	30	30	35	20		197	222	219
	MTA [mm]	55	55	55	55	45	55	45	135	45		26	40	41

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Tabela 10 - Variação da Secção Transversal da Correia (GATES)

		GATES				
Fator de Serviço		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Potência de Projeto [kW]		171,6	171,6	171,6	171,6	171,6
Seção Transversal da Correia		C	XPB	SPB	5VX	15J
Relação da Transmissão		1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Diâmetro das Polias	Polia Maior [mm]	450	450	450	450	450
	Polia Menor [mm]	250	250	250	250	250
Distância Entre Centros Preliminar [mm]		1400	1400	1400	1400	1400
Comprimento da Correia [mm]		3960	4000	4000	3810	4000
Distância Entre Centros [mm]		1427,75	1448,5	1448,5	1351,5	1448,5
Potência Básica [kW]		17,87	28,29	20,4	28,29	20,4
Velocidade da Correia [m/s]		19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Taxa Flexão [s ⁻¹]		-	-	-	-	-
Fator de Correção para o comprimento da correia		1,02	1,02	1,04	1,03	1,04
Fator de Correção para o arco de contacto		0,96	0,98	0,98	0,98	0,98
Potência da Correia [kW]		17,5	28,28	20,79	28,56	20,79
Número de Correias		10	7	9	7	9
Tolerâncias de Instalação	MIA [mm]	50	25	25	25	55
	MTA [mm]	55	55	55	55	55

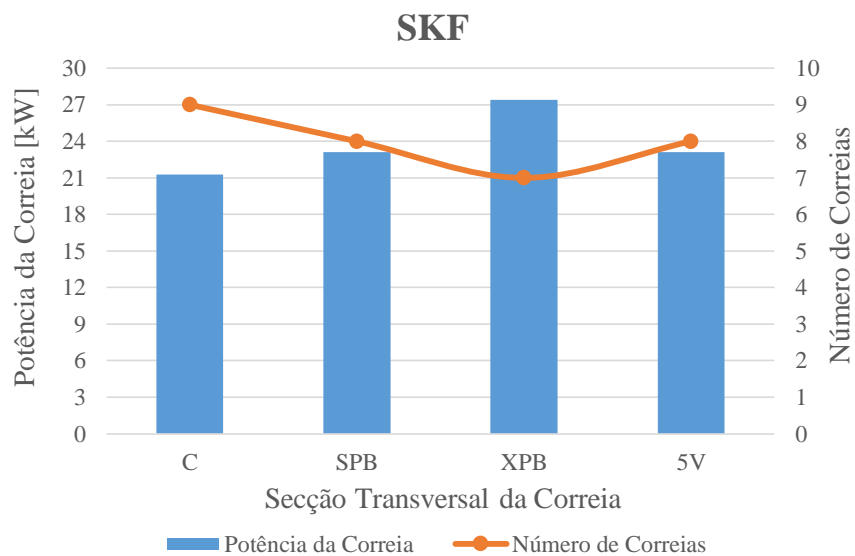


Gráfico 5 - Variação da Potência e do Número de correias consoante a secção transversal da correia (SKF)

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

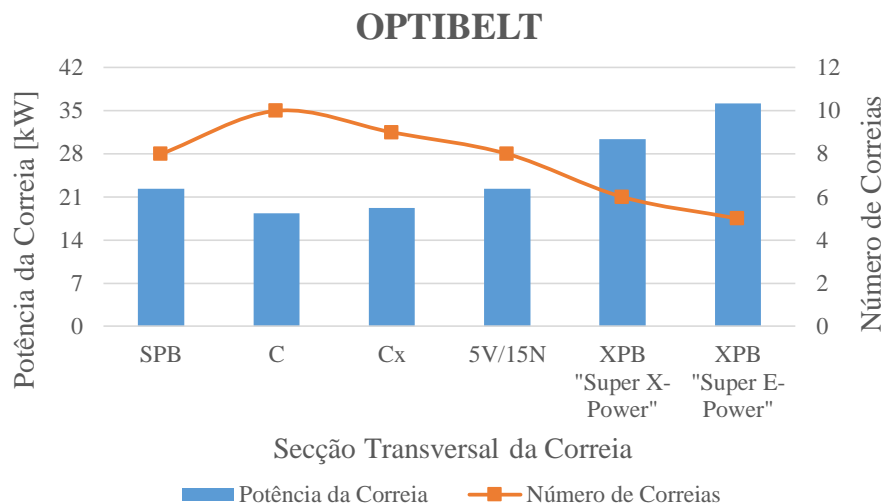


Gráfico 6 - Variação da Potência e do Número de correias consoante a secção transversal da correia (OPTIBELT)

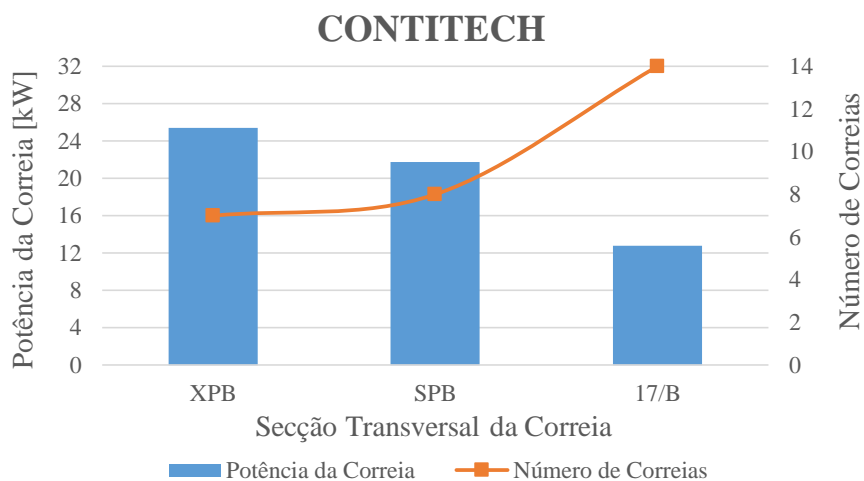


Gráfico 7 - Variação da Potência e do Número de correias consoante a secção transversal da correia (CONTITECH)

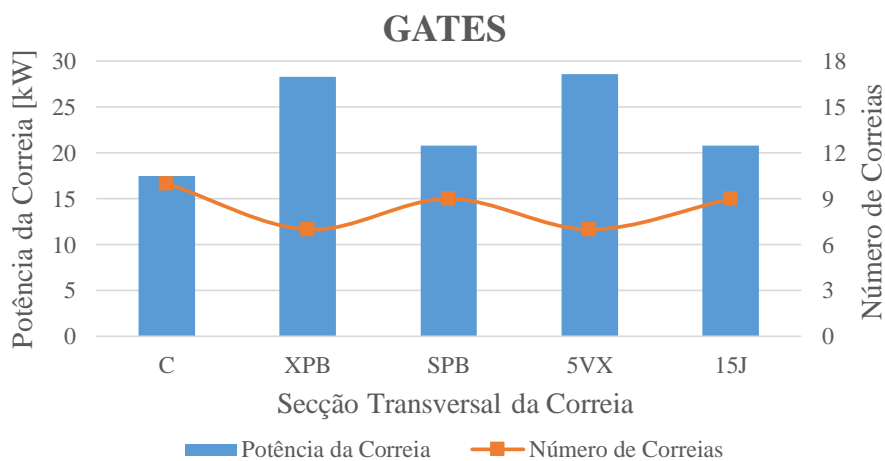


Gráfico 8 - Variação da Potência e do Número de correias consoante a secção transversal da correia (GATES)

7.3. Análise de zonas fronteira

Esta análise tem em conta as condições de fronteira de alguns diagramas, nos quais é possível optar por duas secções transversais, assumindo os mesmos valores de velocidade angular da polia menor e de potência de projeto para a SKF, OPTIBELT e GATES. No caso da CONTITECH é assumido o valor da velocidade angular da polia menor, do diâmetro da polia menor e da potência da correia.

Como base desta análise serão utilizados os diagramas dos diferentes fabricantes apresentados no capítulo 3.

Para a SKF, o estudo tem como base os diagramas da Figura 9 [6] e Figura 10 [6].

No diagrama da Figura 9 [6], o ponto de fronteira analisado, está associado a uma velocidade angular da polia menor de aproximadamente 2010 RPM e a uma potência de projeto de 200 kW, e permite que se opte por uma secção do tipo B ou do tipo C.

No diagrama da Figura 10 [6], o ponto de fronteira analisado, está associado a uma velocidade angular da polia menor de aproximadamente 3350 RPM e a uma potência de projeto de 100 kW, e permite que se opte por uma secção do tipo SPA ou do tipo SPB.

Para a OPTIBELT, o estudo tem como base os diagramas da Figura 26 [7], Figura 27 [7] e Figura 29 [7].

No diagrama da Figura 26 [7], o ponto de fronteira analisado está associado a uma velocidade angular da polia menor de aproximadamente 1700 RPM e a uma potência de projeto de 50 kW, e permite que se opte por uma secção do tipo B ou do tipo C.

No diagrama da Figura 27 [7], o ponto de fronteira analisado está associado a uma velocidade angular da polia menor de aproximadamente 1600 RPM e a uma potência de projeto de 63 kW, e permite que se opte por uma secção do tipo SPA ou do tipo SPB.

No diagrama da Figura 29 [7], o ponto de fronteira analisado está associado a uma velocidade angular da polia menor de aproximadamente 1250 RPM e a uma potência de projeto de 50 kW, e permite que se opte por uma secção do tipo XPA ou XPB

Na tabela 11 são apresentados os resultados obtidos da SKF e OPTIBELT para todos os fatores, aplicando as formas de cálculo explicadas nos subcapítulos 3.1 e 3.2..

Para a CONTITECH, o estudo tem como base os diagramas da Figura 40 [8], Figura 42 [8] e Figura 43 [8].

No diagrama da Figura 40 [8], o ponto de fronteira analisado, está associado a uma velocidade angular da polia menor de aproximadamente 2400 RPM, a uma potência da correia de cerca de 0,32 kW, e permite que se opte por uma secção do tipo 6 (à qual corresponde um diâmetro da polia menor de 35,5 mm) ou do tipo 8 (à qual corresponde um diâmetro da polia menor de 31,5 mm).

No diagrama da Figura 42 [8], o ponto de fronteira analisado, está associado a uma velocidade angular da polia menor de aproximadamente 2400 RPM e a uma potência da correia

de cerca de 3,6 kW, e permite que se opte por uma secção do tipo SPZ ou do tipo SPA (às quais corresponde um diâmetro da polia menor de 90 mm).

No diagrama da Figura 43 [8], o ponto de fronteira analisado, está associado a uma velocidade angular da polia menor de aproximadamente 1250 RPM e a uma potência da correia de cerca de 0,75 kW, e permite que se opte por uma secção do tipo 10/Z (à qual corresponde um diâmetro da polia menor de 125 mm) ou do tipo 13/A (à qual corresponde um diâmetro da polia menor de 80 mm).

Para a GATES, o estudo tem como base os diagramas da Figura 51 [9] e da Figura 52 [9].

No diagrama da Figura 51 [9], o ponto de fronteira analisado, está associado a uma velocidade angular da polia menor de aproximadamente 1000 RPM e a uma potência de projeto de 30 kW, e permite que se opte por uma secção do tipo XPA ou do tipo XPB.

No diagrama da Figura 52 [9], o ponto de fronteira analisado, está associado a uma velocidade angular da polia menor de aproximadamente 800 RPM e a uma potência de projeto de 7 kW, e permite que se opte por uma secção do tipo A ou do tipo B.

Na tabela 12 são apresentados os resultados obtidos da CONTITECH e GATES para todos os fatores, aplicando as formas de cálculo explicadas nos subcapítulos 3.3 e 3.4..

Tendo presente que num diagrama de secções, o eixo das abcissas representa a potência de projeto (ou no caso da CONTITECH, a potência da correia), à medida que se assumem maiores valores de potência, as secções transversais correspondentes vão sendo maiores, mais robustas e resistentes. Deste modo, perante pontos de fronteira que permitem optar por duas secções transversais, a tendência é optar pela secção seguinte, correspondente a uma potência superior e por isso mais resistente, e que à partida implicará a utilização de um menor número de correias. No entanto, a análise aos pontos de fronteira revelou que a opção pela secção seguinte implica a utilização do mesmo número de correias da anterior. São exemplos na OPTIBELT as secções do tipo B e C, na CONTITECH as secções do tipo SPZ e SPA, e na GATES as secções do tipo A e B.

Esta informação é relevante quando analisados os custos e benefícios de uma transmissão. A opção por uma secção mais robusta revela-se mais dispendiosa, pelo que para maximizar a rentabilidade de uma transmissão pode optar-se pela secção anterior menos dispendiosa, e utilizar o mesmo número de correias.

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Tabela 11 - - Zonas de fronteira para os fabricantes, SKF e OPTIBELT

		SKF				OPTIBELT					
Potência de Projeto [kW]		200	200	100	100	50	50	63	63	50	50
Seção Transversal da Correia		B	C	SPA	SPB	B	C	SPA	SPB	XPA	XPB
Relação da Transmissão		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,25	1,25	1,25	1,25
Diâmetro das Polias	Polia Maior [mm]	236	265	180	180	212	212	200	200	180	180
	Polia Menor [mm]	200	224	150	150	180	180	160	160	140	140
Distância Entre Centros Preliminar [mm]		500	500	500	500	600	600	600	600	500	500
Comprimento da Correia [mm]		1690	1760	1507	1500	1815	1806	1757	1800	1500	1500
Distância Entre Centros [mm]		502	496	494	491	600	596	596	617	498	498
Potência Básica [kW]		10,96	15,39	9,46	11,87	7,9	8,72	10,8	14,12	7,49	9,68
Velocidade da Correia [m/s]		-	-	-	-	16	16	13,4	13,4	9,2	9,2
Taxa Flexão [s^{-1}]		-	-	-	-	17,7	17,7	15,3	14,9	12,2	12,2
Fator de Correção para o comprimento da correia		1,02	1,02	0,92	0,85	0,95	0,85	0,94	0,89	0,91	0,86
Fator de Correção para o arco de contacto		0,97	0,97	0,99	0,99	1	1	1	1	1	1
Potência da Correia [kW]		10,2	13,1	8,61	9,99	7,51	7,42	10,2	12,57	6,81	8,32
Número de Correias		20	16	12	11	7	7	7	6	8	7
Tolerâncias de Instalação	MIA [mm]	30	40	25	25	20	25	20	20	20	20
	MTA [mm]	35	35	35	35	25	25	25	25	25	25

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

Tabela 12 - Análise de algumas zonas de fronteira para os fabricantes, CONTITECH e GATES

		CONTITECH						GATES			
Potência de Projeto [kW]		2	2	10	10	2	2	7	7	30	30
Seção Transversal da Correia		6	8	SPZ	SPA	10/Z	13/A	A	B	XPA	XPB
Relação da Transmissão		1,5	1,5	1,6	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4
Diâmetro das Polias	Polia Maior [mm]	35,5	31,5	90	90	125	80	140	140	224	224
	Polia Menor [mm]	50	50	140	140	150	100	118	118	160	160
Distância Entre Centros Preliminar [mm]		100	100	300	300	350	200	247	247	352	352
Comprimento da Correia [mm]		333	322	962	957	1127	685	900	895	1307	1320
Distância Entre Centros [mm]		127	121	270	368	446	264	247	245	351	357
Potência Básica [kW]		0,32	0,30	3,65	3,78	0,75	0,73	2,24	3	7,74	10,85
Velocidade da Correia [m/s]		4,5	4	12,3	12,3	3,9	2,5	4,9	4,9	8,4	8,4
Taxa Flexão [s ⁻¹]		26,8	24,6	25,6	25,7	7	7,3	-	-	-	-
Fator de Correção para o comprimento da correia		1,01	0,87	0,9	0,84	1,07	0,8	0,99	0,99	0,97	0,97
Fator de Correção para o arco de contacto		0,99	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,82	0,76	0,91	0,86
Potência da Correia [kW]		0,32	0,26	3,21	3,11	0,79	0,58	1,82	2,26	6,8	9,05
Número de Correias		7	8	4	4	3	4	4	4	5	4
Tolerâncias de Instalação	MIA [mm]	23	24	60	63	11	7	25	25	25	25
	MTA [mm]	3	3	10	10	66	47	20	25	35	35

8. CONCLUSÕES E FUTURO TRABALHO

Da análise deste trabalho conclui-se que não existe um método idêntico e uniforme para a caracterização de uma transmissão com correias. Uma das dificuldades sentidas na realização deste trabalho diz respeito à obtenção de informação junto dos fabricantes de correias e ao acesso às normas aplicáveis que não estão disponíveis publicamente. O autor deste trabalho acredita que o mesmo contém informação que pode ajudar os projetistas a escolherem o fabricante de correias que se adapta melhor às suas necessidades.

As conclusões deste trabalho encontram-se estruturadas em cinco partes: primeiro conclui-se sobre a comparação das metodologias utilizadas por cada fabricante analisado; de seguida retiram-se as conclusões sobre os resultados obtidos nos casos de estudo seguidas das conclusões dos estudos de sensibilidade e da legislação. Por último, é descrito o futuro trabalho que poderá ser desenvolvido como complemento a esta dissertação.

8.1. Comparação das metodologias de cada um dos fabricantes

De entre os métodos analisados, o da CONTITECH revelou-se o mais complexo, principalmente aquando da seleção da secção transversal, cujo diagrama implica a análise das retas representativas dos diâmetros possíveis da polia menor e permite também estimar a potência da correia.

Por outro lado, a SKF apresenta a vantagem de aplicar um método mais rápido que permite determinar os diâmetros das polias, a distância entre centros e o comprimento *standard* em simultâneo, no entanto a sua aplicação tem limitações ao nível das condições de serviço, como se verificou no caso de estudo 3, onde não se cumpria o limite para o diâmetro da polia.

Para o autor é possível seleccionar o método utilizado pela OPTIBELT como sendo o mais simples., intuitivo e completo. Adicionalmente as tabelas e os diagramas apresentados no catálogo são de fácil compreensão, e é apresentada informação adicional sobre o número máximo admissível de correias para uma determinada polia, bem como o peso por comprimento dos vários tipos de secção. Por outro lado, este método tem a desvantagem de não considerar o fator adicional do tempo de serviço da correia no cálculo da potência da correia, fator este contemplado apenas pela GATES.

De entre os métodos analisados pode verificar-se que existem semelhanças na determinação de vários fatores tais como o fator de serviço, o diâmetro das polias, o comprimento *standard* da correia, o fator de correção para o arco de contacto, o fator de correção do comprimento da correia e o cálculo do número de correias.

O fator da relação da transmissão é um conceito geral aplicado por todos fabricantes de correias e a sua fórmula de cálculo é também idêntica para todos.

No que se refere à distância entre centros, apenas a GATES se destaca dos restantes fabricantes analisados pelo facto de utilizar uma expressão de cálculo diferente.

A diferença mais significativa revela-se aquando da determinação da secção transversal tendo em conta que não existem restrições no que respeita à escolha dos diagramas a utilizar. Desde que o diagrama se adeque aos valores de velocidade angular e potência de projeto ou da correia, existem várias possibilidades de escolha.

Para as tolerâncias de instalação e tensionamento, apenas a CONTITECH não as determina por consulta a tabelas de tolerâncias, utilizando em vez disso duas fórmulas de cálculo específicas.

Existem fatores cuja determinação não é comum a todos os fabricantes, nomeadamente a velocidade da correia que não é calculada apenas pela SKF, e a taxa de flexão calculada apenas pela OPTIBELT e pela CONTITECH. Adicionalmente, apenas a GATES contempla o fator do tempo de serviço da correia no cálculo da potência básica, relevante para simular o desgaste temporal da correia.

8.2. Comparação dos Casos de Estudo

Dos resultados obtidos nos casos de estudo apresentados, pode verificar-se que partindo de condições de serviço idênticas, são obtidas diferentes transmissões para cada um dos fabricantes analisados. Reforça-se assim a ideia da não existência de uniformização entre os fabricantes no que respeita à caracterização de transmissões com correias

É possível concluir também que os principais fatores que influenciam a caracterização de uma transmissão são o tipo de secção transversal selecionado, tendo em conta que este define todas as tabelas de onde se retiram os valores dos restantes fatores, e o diâmetro da polia menor, tendo em conta que deste dependem grande parte dos outros fatores, tais como a potência básica, a distância entre centros, o comprimento da correia e os fatores de correção.

8.3. Comparação dos Estudos de Sensibilidade

Os estudos de sensibilidade realizados dizem respeito à variação dos diâmetros das polias, variação da secção transversal da correia e análise das condições de fronteira nos diagramas de secções, nos casos em que permitem a seleção de duas secções transversais.

No caso da variação dos diâmetros conclui-se que perante o limite máximo de diâmetro imposto nas condições de serviço, deve selecionar-se sempre o maior diâmetro possível, de modo a garantir uma potência da correia mais elevada e a utilização de um menor número de correias, assegurando a eficácia da transmissão.

Quanto à variação das secções transversais, conclui-se que em diagramas diferentes, um tipo de secção transversal maior pode não ser aquele que implicará a utilização de um menor

número de correias. Note-se ainda que para as secções *standard* existe um número máximo de correias a usar.

Em relação às condições de fronteira, seria de esperar que o tipo de secção mais resistente, implicasse a utilização de um menor número de correias, o que acabou por não se revelar certo. É possível identificar vários casos em que secções de tamanhos diferentes estão associadas a utilização de igual número de correias. É importante referir que os fabricantes não fazem referência a este facto que se torna relevante para seleccionar uma secção. Em vez de se optar automaticamente pela secção maior, é possível optar pela menor e atingir uma maior rentabilidade financeira. Nestes casos é importante para o utilizador fazer uma análise para cada secção possível, por forma a determinar qual a mais rentável.

8.4. Divulgação da legislação aplicável

No que se refere à ISO 1081, os catálogos dos fabricantes referem esta norma no início da explicação do método de seleção, assumindo-se que esta norma é a que contempla a generalidade dos termos e dos fatores que devem ser obtidos.

A ISO 4184 é referida nos catálogos aquando da determinação do comprimento *standard*, referindo-se que os resultados obtidos estão de acordo com o disposto na norma. Comparando as tabelas de comprimentos das várias secções para cada fabricante, conclui-se que os valores são semelhantes, existindo medidas *standard* iguais entre todos. Nalguns casos existem pequenas variações, mas pode deduzir-se que estão em concordância com as tolerâncias estipuladas pela norma.

A ISO 4183 refere-se aos diâmetros *standard* das polias e é considerada por todos os fabricantes, facto que se comprova através das tabelas com as medidas *standard* que apresentam valores idênticos

A ISO 5292 não é mencionada nos catálogos da GATES e SKF. No entanto, tendo em conta que esta norma estipula as fórmulas de cálculo das potências das correias e que as tabelas apresentadas pelos fabricantes são semelhantes e têm em conta os mesmos fatores pelo que se deduz a norma é considerada por todos os fabricantes analisados.

8.5. Futuros Trabalhos

O trabalho desenvolvido estabelece um ponto de partida na concentração e análise de informação e na realização de recomendações sobre a caracterização de transmissões com correias. Partindo desta base, existem possibilidades de aprofundar o tema de modo a complementar o presente estudo:

Comparação de Métodos de Seleção de Transmissões com Correias

- ✓ Estudar a informação técnica das polias *standard*, tendo em conta que foram obtidos elevados números de correias para determinados ensaios, sendo importante aprofundar as limitações das polias quanto ao número de correias utilizado;
- ✓ Estudar o custo de cada tipo de secção de modo a rentabilizar ao máximo a transmissão com correias;
- ✓ Aprofundar as principais diferenças entre cada tipo de secção, e investigar sobre a causa das transmissões com secções de tamanhos inferiores terem uma maior potência da correia e consequentemente menor número de correias;
- ✓ Estudar as normas aplicáveis às transmissões com correias e avaliar o nível de cumprimento das mesmas por parte dos fabricantes de correias nos métodos de seleção da transmissão com correias;
- ✓ Alargar a amostra de fabricantes analisada neste trabalho a outros fabricantes/representantes de correias, de modo a verificar se existem mais diferenças e/ou semelhanças nos métodos utilizados de seleção de transmissões;
- ✓ Alargar o estudo a outros tipos de correias mencionados neste trabalho.

9. REFERÊNCIAS

- [1] Martinho, Alberto J. A. M., “Órgãos de Máquinas I – Terceira versão da brochura da disciplina”
- [2] Andrade, Dr. Alan Sulato de, “Elementos Orgânicos de Máquinas II AT-102 - Universidade Federal do Paraná” [Online]. Available: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT102-Aula05.pdf>
- [3] Tavares, João Manuel R. S., “Elementos de Transmissão de Movimento - Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia” [Online]. Available: http://paginas.fe.up.pt/~tavares/ensino/CFAC-G/Downloads/Apontamentos/Elementos%20de%20transmissao_p.pdf
- [4] Sardá, Prof. Alexandre Augusto Pescador, “Elementos Mecânicos Flexíveis . Correias” [Online]. Available: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM243/Prof%20Alexandre/elementos%20flexiveis.pdf>
- [5] Marco Filho, Flávio de, “Elementos de Transmissão Flexíveis – Universidade Federal do Rio de Janeiro” [Online]. Available: <http://pt.scribd.com/doc/56103356/Elementos-de-Transmissao-Flexiveis-2009-4#scribd>
- [6] SKF Power Transmission Belts Catalogue – SKF – December 2012
- [7] Optibelt Technical Manual V-Belt Drives – Optibelt
- [8] ContiTech Power Transmission Systems, Conti V-Belts – Contitech
- [9] Design Manual Industrial V-belts – Gates – September 2014
- [10] Shigley, J. E. e Mischke, C. R., “Mechanical Engineering Design, 6 ed: McGraw-Hill, 2001”